

# Aus dem Logbuch ...

Alles beherrschendes Thema der vergangenen Monate war die niedersächsische Sparpolitik. Der Haushalt der TU Clausthal wurde um über 11 Prozent der Landesstellen reduziert. Weitere Einschnitte in den kommenden Jahren sind angekündigt. Was dies für die Universität bedeutet, wie angesichts dieser Herausforderung die TU Clausthal ein neues Profil entwickeln kann, welches sie auch in Zukunft im nationalen und internationalen Wettbewerb bestehen lassen, dazu äußert sich der neue Präsident der TU Clausthal Professor Dr. Edmund Brandt im Gespräch. (S. 4-5)

Mit der Lage in Afrika, befasste sich eine Vortragsreihe. (S. 10-13)

Drei Portraits: Andreas Wade arbeitete in Litauen an einem Abfallkonzept und wird in diesem Sommer voraussichtlich nach Nairobi für ein UN-Projekt gehen. (S. 16) Sandra Börner konnte zur Vorbereitung ihrer Diplomarbeit am Lawrence National Laboratory in Berkeley am Wissen der amerikanischen Wissenschaftler partizipieren, Strukturen zu „sehen“, die kleiner sind als das Beobachtungslicht. (S. 15) Und Renatá Višćorová am Institut für Metallurgie ist unsere Brückenbauerin zur Technischen Universität im tschechischen Ostrava. Der Deutsche Akademische Austauschdienst zeichnete sie als besten ausländischen Absolventen des Jahres 2003 aus. (S. 17)

1957 wurde Dr.-Ing. Wonnerth an der Bergakademie Clausthal promoviert. Kürzlich wurde er mit dem Bundesverdienstkreuz ausgezeichnet. Wir drucken seine Erinnerungen an die Zeit der Kriegsgefangenschaft ab. In einem Bergwerk im ukrainischen Donezbecken musste er mit deutschen Gefangenen in den letzten Kriegstagen arbeiten. Das Plansoll wurde nicht erreicht. Die leitenden sowjetischen Ingenieure waren noch an der Front, der Betrieb nicht voll leistungsfähig. In ideologischer Verblendung wurde die erklärbarsten Fakten als „Sabotage“ ausgelegt. Die angeordnete 50% Lohnabsenkung und Versorgungsreduktion kam einem Todesurteil gleich. Gust Wonnerth schlug vor, dass die gefangenen deutschen Ingenieure das Werk gegen vollen Lohn und in eigener Regie übernehmen. Das rettete vielen das Leben. (S. 79-80)

Am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe wurde gemeinsam mit der Schott Rohrglas GmbH eine neue, haftbare Beschichtung für die Absorber der Parabolrinnenanlagen von Solarkollektoren entwickelt. Damit wird die Reflektion an der Innen- und Außenseite der Glasummantelungen um insgesamt um sieben Prozent gesenkt. Das Patent wurde für Nordamerika, Europa, Japan und China erteilt. Schott Rohrglas testet derzeit die Beschichtung an einer Solaranlage in Kalifornien. (S. 41)

Wir berichten über das Kolloquium zur Fördertechnik im Bergbau und das 4. Industriekolloquium des Sonderforschungsbereichs „Fertigen in Feinblech.“ (S. 44-47)



Beim Besuch des Wissenschaftsministers Lutz Stratmann am 24. Oktober 2003. Foto: Eike Bruns. Goslarische Zeitung.

In vielen Bereichen der Technik, der Naturwissenschaften und der Wirtschaft werden in zunehmendem Maße Simulationsverfahren eingesetzt, um Prozesse oder Ereignisse gezielter vorhersagen, beeinflussen oder optimieren zu können. Klassische Beispiele aus dem Ingenieurwesen sind die Berechnung von Strömungen um Flugzeuge, mit dem Ziel, aufwendige Windkanalversuche zu verringern, oder Crash- und Fahrdynamiksimulationen als virtuelle Alternative zum realen Elchtest. Das Anwendungsspektrum ist aber weitaus vielfältiger. Professor Dr.-Ing. Gunther Brenner, seit Januar 2003 an der TU Clausthal, stellt sein Arbeitsgebiet vor. (S. 55-58)

Freundliche Grüße  
Ihr,



Ein Lasersystem, das eingesetzt werden soll, um Grenzflächen mit einer Tiefenempfindlichkeit von nur wenigen Atomlagen zu untersuchen, wurde im vergangenen Jahr im Institut für Physik und Physikalische Technologien in Betrieb genommen. Um Grenzflächeneigenschaften, die z.B. bei Halbleitermaterialien in der Mikroelektronik oder bei katalytisch aktiven Stoffen von entscheidender Bedeutung sind, mit Licht untersuchen zu können, werden in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. W. Daum leistungsstarke Laserpulse aus Piko- und Femtosekundenlasern eingesetzt. Hier im Bild Dr. G. Lilenkamp (rechts) an der Präparationskammer und Physikstudent Christopf Senft (links) an der Mikroskopkammer des Photoelektronen-Emissionsmikroskops, welches mit Femtosekunden-Laseranregung als Ein- und Zweiphotonen-PEEM betrieben wird. Das Lasersystem selbst befindet sich außerhalb des Blickfeldes. Foto: IPPT.

## IMPRESSUM

### Herausgeber

Der Präsident der Technischen Universität Clausthal Prof. Dr. Edmund Brandt (Adolph-Roemer-Str. 2A), und der Vorsitzende des Vereins von Freunden der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr.-Ing. Dieter Ameling (Osteröder Straße 8), beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld.

### Verlag, Anzeigen und Layout

VMK Verlag für Marketing & Kommunikation GmbH & Co. KG  
Faberstraße 17, 67590 Monsheim  
Telefon: 06243/909-0 Fax: 909-400  
www.vmk-verlag.de

### Druck

VMK-Druckerei GmbH  
Faberstraße 17, 67590 Monsheim  
Telefon: 06243/909-110 Fax: 909-100

### Redaktion

Jochen Brinkmann, M. A.  
Adolph-Roemer-Str. 2A  
Telefon: 053 23/72 77 55 Fax: 72 77 59  
Dr.-Ing. Lothar Schmidt  
(Betreuung der Autoren)  
Adolph-Roemer-Str. 2A  
Telefon: 053 23/72 21 41 Fax: 72 22 03  
(beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld)

TU Contact erscheint als Zeitschrift der TU Clausthal. Bezugspreis (für Mitglieder im Beitrag enthalten): 3,00 € zuzüglich Versandkosten.

Nummer 14 • 8. Jahrgang • Mai 2004

## RUBRIKEN

Editorial	1
Campus	4
Forschung	31
Personalia	76
Nachrichten	83

### HUMBOLDT-STIPENDIAT DR. CHEN ARBEITET AN DER ENTWICKLUNG REIN OPTISCHER SCHALTER

Glasfasernetze umspinnen den Globus und transportieren Wissen. Unter Anwendung der Technik auf vielen Wellenlängen gleichzeitig Informationen zu übertragen (WDM), konnten in Versuchsstrecken Übertragungskapazitäten von über drei Terabit pro Sekunde, das entspricht etwa 40 Millionen Telefonkanälen, auf einer einzigen Faser realisiert werden. Die Optischen Technologien werden an der TU Clausthal von Prof. Dr. Detlef Kip mit seiner Arbeitsgruppe im Institut für Physik und Physikalische Technologien vertreten. Zur Zeit haben die Clausthaler Wissenschaftler mit Dr. Feng Chen einen ausgewiesenen Physiker von der Shandong Universität in China als Stipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung zu Gast.

Seite 7

### GOLD, SILBER, VULKANE - UND BLEI IN DER LUFT

Die südamerikanischen Anden sind reich an metallischen Bodenschätzen. Deshalb waren der Clausthaler Lagerstättenkundler Prof. Dr. Bernd Lehmann und der Geologe Dr. Rainer Müller von Ende September bis Mitte Oktober 2003 mit 20 Clausthaler Studenten in Bolivien und Chile unterwegs; am Ende ihrer Reise wurden sie unfreiwillig Zeugen der politischen Unruhe in Bolivien.

Seite 18

### EXPERIMENTE AUS DEM KOFFER

Nicht nur im Jahr der Chemie war es speziell einem Vertreter dieser „Zunft“ ein besonderes Anliegen, diese Wissenschaft mit ihren vielfältigen, oft spektakulären Anwendungen der Öffentlichkeit nahe zu bringen. Auftritte an zahlreichen historischen Lokalisationen wie etwa dem Helmstedter Juleum oder dem Lorcher Kloster und Vorträge wie „Von der Humustheorie zur Mineralstoffdüngung“ oder über historische Pharmazeutika erzielten eine ausgezeichnete Resonanz.

Seite 31

### LÖSEMittel FÜR DIE ELEKTROCHEMIE

Ionische Flüssigkeiten sind niedrig schmelzende Salze mit Schmelzpunkten unter 100 °C. Seit einigen Jahren gewinnen sie wegen ihrer außergewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften in der Grundlagenforschung immer mehr an Bedeutung, und im März 2003 wurde sogar ein erster großtechnischer Prozess, das BASIL-Verfahren der BASF, vorgestellt, bei dem eine ionische Flüssigkeit zum Einsatz kommt.

Seite 59

### CERAMIC MATRIX COMPOSITES

Oxidkeramische Werkstoffe zeichnen sich durch hohe thermische und chemische Stabilität aus. Wird auf die Faserbeschichtung verzichtet und eine hochporöse Matrix eingesetzt, so zeigen die Faserverbundwerkstoffe bemerkenswerte mechanische Eigenschaften; gleichzeitig ist die Herstellung der Keramikverbunde verhältnismäßig einfach und preiswert.

Seite 63

### SILIZIUMDIOXID AM ENDE SEINER KRÄFTE

Wissenschaftler der Technischen Universitäten in Clausthal und Wien erforschten mittels Computersimulationen ein neues Material für noch kleinere und leistungsfähigere Transistorgenerationen. Die Erkenntnisse von Clemens J. Först, Karlheinz Schwarz - beide TU Wien - und Christopher R. Ashman sowie Peter E. Blöchl von der TU Clausthal wurden in der ersten Januar Ausgabe von „Nature“ publiziert.

Seite 42

### BAUSTOFF IM SALZGEBIRGE

Mit den Ergebnissen des Technikumversuchs auf dem GSF-Forschungsbergwerk Asse konnte grundlegend die Eignung von Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen als Baustoff für den Einsatz im Salzgebirge nachgewiesen werden. Einfache Handhabung und eine große Bandbreite an Variationsmöglichkeiten für die gewünschten Baustoffkennwerte ergeben weite Spielräume für mögliche Einsatzgebiete.

Seite 70

### RECYCLING VON KIESELGUR AUS BRAUEREI-FILTER- SCHLÄMMEN

Am Institut für Aufbereitung und Deponietechnik wurde ein neues nassmechanisches Recyclingverfahren für Kieselgur aus Brauerei-Filterschlämmen entwickelt. Es ermöglicht, die mit Hefe und organischen Trübstoffen verunreinigten Kieselgur-Filterschlämme produktionsintegriert aufzubereiten und im Kreislauf zu fahren.

Seite 48

# Das Profil der neuen TU Clausthal entwickeln – Manche der Sparvorgaben so nicht umsetzbar

## Präsident Professor Dr. Edmund Brandt im Gespräch

TU Contact: „Herr Professor Brandt, am 2. Mai treten Sie das Amt des Präsidenten der TU Clausthal an; hierzu gratulieren wir sehr herzlich. Sie treten Ihr Amt in einer schwierigen Übergangsphase für die TU Clausthal an. Was haben Sie sich für Ihre ersten hundert Tage vorgenommen?“

Prof. Dr. Edmund Brandt: „Das Hauptaugenmerk wird für absehbare Zeit darauf gerichtet sein müssen, die Einschnitte, welche der TU Clausthal zugemutet werden sollen, so weit es irgend möglich ist abzumildern. Weiterhin beabsichtige ich, ein Sofortprogramm zu starten, um rasch mehr Studierende für die TU Clausthal zu gewinnen. Und selbstverständlich werde ich in dieser Phase des Sich-Einfindens das Gespräch mit möglichst vielen Mitgliedern und Angehörigen der Hochschule suchen, um mein eigenes Bild von der TU Clausthal zu vertiefen und neue Perspektiven hinzu zu gewinnen. Die zahlreichen Antrittsbesuche will ich nutzen, um auszuloten, wo neue Kooperationen eingegangen werden können, welche die Universität stärken und der Entwicklung der Region dienen. Schließlich werden wir Schritte unternehmen müssen, um unter Zuhilfenahme internen und externen Sachverständigen das Profil einer neuen TU Clausthal gegenständlich, inhaltlich zu definieren: Wo sollen die neuen Schwerpunkte in Lehre und Forschung liegen, damit wir in jeder Hinsicht noch attraktiver werden? Auf diese, alles entscheidende Fragen werden wir die richtigen Antworten geben müssen – und dies in einem knappen Zeithorizont.“

TU Contact: „Gemäß dem Beschluss der niedersächsischen Landesregierung muss die TU Clausthal im Rahmen des „Hochschuloptimierungskonzeptes“ allein in diesem Jahr, 3.6 Millionen € abgeben. Das entspricht 80 Stellenäquivalenten, welche vorerst monetär, auf Dauer aber in Stellen eingespart werden sollen. Die Landesregierung nennt 65 Stellen aus dem wissenschaftlichen Bereich, hierbei sollen die Bereiche Geophysik, Geologie und Paläontologie und Bergbau betroffen sein, und 15 Stellen aus dem zentralen Verwaltungsapparat. Für 2005 sind weitere 900.000 € vorgesehen. Wie wollen Sie – Schaden von der Universität abwendend – sich zu diesen Vorgaben des Landes stellen?“

Prof. Dr. Edmund Brandt: „Präsidium und Senat haben hierzu bereits Richtung weisend und deutlich den Rahmen des Konzeptes und der Strategie entwickelt. Meine vorrangige Aufgabe wird darin bestehen, nicht zuletzt gegenüber der Landesregierung um die Einsicht zu werben, dass manche ihrer Vorgaben so gar nicht umsetzbar sind. Wir stehen in der Pflicht, Lehre und Forschung an der TU Clausthal vor substanziellem Schaden zu bewahren. Wo Umstrukturierungen erforderlich und unabweisbar sind, werden wir sie energisch und mit dem Ziel einer Modernisierung der Universität vorantreiben. Dabei will ich einen kooperativen Führungsstil pflegen. Wir müssen die großen Potentiale der TU Clausthal richtig nutzen. Die Menschen, die an dieser Universität mit Herzblut arbeiten, müssen sich in den Veränderungs-

### Prof. Dr. Edmund Brandt

1947 in Riede bei Bremen geboren. Verheiratet, zwei Töchter.

1966 – 1971 Studium der Rechts- und Politikwissenschaft in Freiburg i. Br. und in Berlin 1971 Erstes Juristisches Staatsexamen

1974 Zweites Juristisches Staatsexamen

1974 – 1979 Wissenschaftlicher Assistent an der Professur Staatsrecht und Politik der Freien Universität Berlin

1979 Promotion zum Dr. jur. und Dipl.-Pol.

1979 – 1981 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Institut für Urbanistik in Berlin

1981 – 1986 Hochschulassistent an der Universität Hamburg



**Der neue Präsident der TU Clausthal – Professor Dr. Edmund Brandt.**

1986 – 1988 Projektleiter im Forschungsbereich Umweltschutz und Umweltgestaltung der Universität Hamburg

1988 – 1992 Professor für Staats- und Verwaltungsrecht an der Universität Hamburg

1992 – 1996 Nach Ablehnung eines Rufs an die Universität Rostock Annahme des Rufs an die Brandenburgische Technische Universität Cottbus und dort Inhaber des Lehrstuhls Umweltrecht.

1996 – April 2004 Nach Ablehnung eines Rufs an die Universität Leipzig Annahme des Rufs an die Universität Lüneburg, Inhaber der Professur für Öffentliches Recht, insbesondere Energie- und Umweltrecht.

1997 – 2001 Leiter des Instituts für Umweltstrategien

1999 Angebot, die Leitung eines Forschungsinstitutes zu übernehmen, Frühjahr 2000 erfolgreicher Abschluss der Bleibeverhandlungen.

Frühjahr 2002 Angebot, in die Geschäftsführung eines Unternehmens der Energiewirtschaft einzutreten; erfolgreicher Abschluss der Bleibeverhandlungen im Herbst 2002.

17. Dezember 2003 Der Senat der TU Clausthal schlägt mit 12 Ja- und einer Nein-Stimme Prof. Dr. Edmund Brandt für das Amt des Präsidenten der TU Clausthal vor.

Seit Mai 2004 Präsident der Technischen Universität Clausthal.



prozess konstruktiv eingebunden fühlen können und ihn mittragen. Nur dann kann die Modernisierung gelingen.“

TU Contact: „Auf welchen Feldern wollen Sie Schwerpunkte Ihrer Arbeit setzen?“

Prof. Dr. Edmund Brandt: „Die TU Clausthal muss in Lehre und Forschung darüber hinaus Alleinstellungsmerkmale gewinnen, zu denen die Landesregierung und das Umfeld insgesamt Ja sagen. Hinsichtlich des Wie des Wissenserwerbs, bei der modulartigen Verzahnung der verschiedenen Studiengänge hat Vizepräsident Professor Hanschke in vorbildlicher Weise Koordinaten unseres neuen Lehrprofils benannt. Wir werden nach meiner jetzigen Einschätzung aber noch verstärkt an der gegenständlichen, inhaltlichen Fokusbildung unseres Profils in Lehre und Forschung arbeiten müssen, um uns regional, national und international von konkurrierenden Einrichtungen abzuheben. Es wird daher eine meiner Hauptaufgaben sein, den Prozess einer neuen Profilbildung der TU Clausthal auf den Weg zu bringen und dieses Profil dann auch weithin erkennbar zu machen.“

TU Contact: „Ab 2006 plant die gegenwärtige Landesregierung die Steuerung der Hochschulen aufgrund von Kennzahlen. Als solche sind derzeit vor allem die Auslastung der Studiengänge, die Anfängerzahlen im Verhältnis zu den Absolventenzahlen, die Höhe der eingeworbenen Forschungsdrittmittel, die Anzahl der Publikationen, die Frauenförderquote und die Anzahl der Humboldt-Stipendiaten im Gespräch. Während die TU Clausthal hinsicht-

lich der Qualität ihrer Forschung recht gut ist, blickt die Landesregierung mit Argusaugen auf die tendenziell an allen Technischen Universitäten anzutreffende Unterauslastung mit Studierenden. Welche Ideen und Konzepte schweben Ihnen vor, um die TU Clausthal in dieser rauen Luft zu schützen und nach vorne zu bringen?“

Prof. Dr. Edmund Brandt: „Wir müssen uns darauf einstellen, dass in der einen oder anderen Weise eine solche formelgebundene Mittelzuweisung kommen wird und dürfen daher nicht davor ausweichen, uns den damit verbundenen Anforderungen zu stellen, die Universität also für diese neue Art eines Leistungswettbewerbes zwischen den Hochschulen des Landes „fit“ zu machen. So müssen wir die Studienreform hin zu den neuen Bachelor- und Masterabschlüssen zügig vorantreiben und dabei eine Verkürzung der Studienzeiten im Blick haben. Wir werden neue, attraktive Studiengänge auf den Weg bringen müssen, die uns eine höhere Auslastung mit Studierenden einbringen. In dem Zusammenhang sind die vorbildlichen Initiativen für die Weiterbildungsstudiengänge im Bereich des Petroleum Engineering, der Rohstoff- und Energieversorgungstechnik und der neue, geplante Bachelor/Masterstudiengang Betriebswirtschaft zu nennen. Sie zeigen die Richtung schon an.“

TU Contact: „Herr Professor Brandt, wir danken für das Gespräch und wünschen Ihnen im Interesse der Universität viel Erfolg.“

*Das Gespräch wurde am 10. März 2004 geführt.*

## ruhrgas ist innovation.

damit sie das beste aus erdgas machen können.



Nicht nur die Lieferung von Erdgas ist unser Geschäft, sondern auch alles, was den Erdgaseinsatz für unsere Kunden effizienter und bequemer macht. Vom keramischen Hochtemperaturstrahlrohr bis zum erdgasbetriebenen Wäschetrockner. Dafür werden wir auch in Zukunft investieren.

**ruhrgas**

# Fünf Jungforscher-Teams kommen an die TU Clausthal

Preise stiftete die Sparkasse Goslar/Harz und die Sympatec GmbH

*Zum 34. Mal wurde der niedersächsische Landeswettbewerb „Jugend forscht“ an der TU Clausthal ausgerichtet. Die Sparkasse Goslar/Harz und das Clausthaler Unternehmen Sympatec GmbH übernahmen die finanzielle Patenschaft für insgesamt fünf Forschungspraktika an der TU Clausthal; drei wurden beim niedersächsischen Landesausscheid vergeben, jeweils einer beim sachsen-anhaltinischen und beim thüringischen Landesausscheid.*

Bei der Preisverleihung in der Aula der TU Clausthal am 24. März überreichten Dipl. Kfm. Rolf Degener, Mitglied des Vorstandes der Sparkasse Goslar/Harz, und Dipl.-Ing. Stefan Röthele als Geschäftsführer der Sympatec GmbH den Nachwuchswissenschaftlern die Preisurkunden. Anna Boleining und Melanie Jauernick von der Hoffmann Fallersleben-Schule in Braunschweig haben in ihrer Jugend-forscht Arbeit herausgefunden, dass die Euro-Münzen den erlaubten EU-Grenzwert für Nickel bei Gegenstände des täglichen Lebens bei weitem übersteigen. Manche Menschen reagieren aber, wie die bekannte Jeansknopfallergie zeigt, auf Nickel überempfindlich. Die jungen Chemikerinnen werden ihre Forschungen im Institut für Physikalische Chemie fortsetzen.

Lena Lenze vom Johanneum in Lüneburg hat mit einer pfiffigen Idee den Reifegrad von Äpfeln bestimmt. Die Äpfel wurden vorsichtig angeschlagen und anhand des Kluges konnte sie mithilfe des Computerprogramms „Cassy“ das Schallsignal bewerten. Ist der Apfel matschig oder knackig frisch? Mit dieser Arbeit aus dem Fachgebiet Technik gewann sie ein von der Firma Sympatec gestiftete Forschungspraktikum an der TU Clausthal im Institut für Physik und Physikalische Technologien. Gleichfalls zu einem Praktikum in die Clausthaler Physik kommen Christoph Budelmann und Jonathan Günther aus Syke. Sie hatten ein Funktionsmodell eines automatischen Containerkrans entwickelt.

Die Preisträger aus Sachsen-Anhalt und Thüringen werden die Labore der Institute für Mechanische Verfahrenstechnik und Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik kennen lernen.



**Mit einem Preis der Sparkasse Goslar/Harz können Anna Boleining und Melanie Jauernick ihrer Forscherneugier im Institut für Physikalische Chemie nachgehen.**



**Dipl.-Ing. Stephan Röthele, gerade erst von einer Reise aus den USA zurück, überreichte den Forschungspreis an Lena Lenze.** ■

## 540.000 Euro zur Erweiterung der experimentellen Ausstattung

*Die VolkswagenStiftung stellt dem Institut für Maschinelle Anlagen-technik und Betriebsfestigkeit (IMAB) 540.000 Euro für die Erweiterung der experimentellen Ausstattung zur Verfügung. Ein großer Teil dieser Summe soll für eine mehrachsige Prüfmaschine verwendet werden, um zukünftig das Verhalten von Elastomer-Bauteilen bei mechanischer Beanspruchung zu untersuchen.*

Diese Bauteile werden z.B. als Lager in Kfz-Fahrwerken eingesetzt und bestimmen entscheidend den Fahrkomfort und das Schwingungsverhalten des gesamten Fahrzeugs. Stand der Technik ist heute, die Eigenschaften eines Elastomer-Bauteils an einem Prototyp in Versuchen zu bestimmen. Ziel der Forschung am IMAB wird es sein, die Eigenschaften bei gleichzeitiger Beanspruchung aus verschiedenen Richtungen rechnerisch abzuschätzen, um so die Anzahl der notwendigen Prototypen zu verringern. Darüber hinaus ermöglicht die Prüfmaschine die Untersuchung der Betriebsfestigkeit von Elastomer-Bauteilen. Innerhalb von 10 Tagen können Betriebslasten simuliert werden, die 300.000 km bei einem durchschnittlichen Fahrer entsprechen.

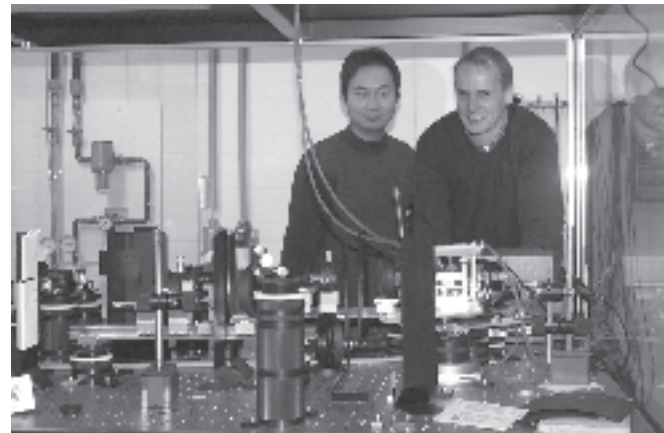
Die neue, mehrachsige Prüfmaschine erweitert den Forschungsschwerpunkt „Betriebsfestigkeit metallischer Bauteile“ um Elastomer-Bauteile und öffnet ein neues Forschungsfeld für das IMAB. ■

# Humboldt-Stipendiat Dr. Chen arbeitet an der Entwicklung rein optischer Schalter

*Glasfasernetze umspinnen den Globus und transportieren Wissen. So wird heute in Deutschland mehr als 90 Prozent der Datenmengen auf optischem Wege über das Glasfasernetz transportiert; unter Anwendung der Technik auf vielen Wellenlängen gleichzeitig Informationen zu übertragen (WDM), konnten in Versuchsstrecken Übertragungskapazitäten von über drei Terabit pro Sekunde, das entspricht etwa 40 Millionen Telefonkanälen, auf einer einzigen Faser realisiert werden. Kein Wunder, dass die Optischen Technologien als Schlüssel- und Querschnittstechnologie für das 21. Jahrhundert gelten. Sie werden an der TU Clausthal von Prof. Dr. Detlef Kip mit seiner Arbeitsgruppe im Institut für Physik und Physikalische Technologien vertreten. Zur Zeit haben die Clausthaler Wissenschaftler mit Dr. Feng Chen einen ausgewiesenen Physiker von der Shandong Universität in China als Stipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung zu Gast, der die Clausthaler Aktivitäten im Bereich der Grundlagenforschung zur Entwicklung rein optischer Schalter unterstützt.*

Die Alexander von Humboldt-Stiftung lädt zu diesen Aufenthalten Spitzenwissenschaftler nach Deutschland ein und Dr. Feng Chen, der mit 28 Jahren bereits rund 50 wissenschaftliche Aufsätze in international angesehenen Fachzeitschriften veröffentlichte, ist einer von ihnen.

Was ist die Motivation zur Entwicklung so genannter rein optischer Schalter? „Während die Datenübertragung auf weite Distanzen heute in Glasfasernetzen erfolgt, wird die Datenverarbeitung in den Netzknoten immer noch auf elektrischen Weg ausgeführt“, sagt Professor Kip. „Die Daten werden also von Lichtteilchen, Photonen, in elektrischen Strom, Elektronenfluss im Kupferleiter, übersetzt und zurück in einen Lichtleiter. Und dabei stoßen Kupferkabel zunehmend an ihre Übertragungsgrenzen.“ Wünschenswert wären daher rein optische Schalter. Ein Weg zu diesem Ziel, den die Clausthaler Wissenschaftler verfolgen, könnten wechselwirkende, räumliche Solitonen in Wellenleitern sein. Unter Solitonen werden räumlich und/oder zeitlich konstante Wellenpakete verstanden. Diese besonderen Wellen zerfließen



**Dr. Chen und Professor Kip im Labor.**

nicht und werden auch nicht gebeugt. Das widerspricht - krass - unserer Erfahrung, man denke nur an die vererbenden Wellenkreise nach einem Steinwurf ins Wasser. Solitonen treten unter anderem in bestimmten nichtlinearen Materialien, so genannten photorefraktiven Kristallen auf. In der Arbeitsgruppe von Professor Kip ist Dr. Feng Chen mit der Entwicklung von Wellenleiterarrays in Lithiumniobat befasst. In diesen sollen dann räumliche diskrete Solitonen erzeugt und ihre Wechselwirkung untersucht werden. „So wollen wir Grundlagenexperimente durchführen, um zu schauen, wie mit diesen Solitonen eine Umlenkung des Lichtstrahls auf einen anderen Ausgang oder auch eine Auslöschung oder Übertragung von Informationen von einem Soliton auf das andere möglich ist“, sagt Professor Kip. „Wir freuen uns, dass Herr Dr. Chen sich für unsere Arbeitsgruppe entschieden hat. Sein fundiertes Wissen und seine Kreativität sind von großem Wert für uns.“ ■

# Die mikroskopischen Gesetze der Reibung

**Mit einem Humboldt-Stipendium ist Dr. Binyang Du aus China seit Juni diesen Jahres bei Prof. Dr. Diethelm Johannsmann im Institut für Physikalische Chemie zu Gast.**

Dr. Du bringt wissenschaftliche Expertise auf dem Gebiet des Studiums der mechanischen und thermischen Eigenschaften ultradünner Polymerfilme (5 - 100 nm) mit. Zur Erinnerung: 1 nm entspricht einem Millionstel eines Millimeters. Bei solchen Filmen kann ein einzelner Polymerfaden von der Unterlage bis zur Oberfläche reichen. Naturgemäß haben die Eigenschaften der Grenzflächen bei so dünnen Filmen einen besonders großen Einfluss.

Dr. Du befasste sich an der Universität von Hong Kong unter anderem mit

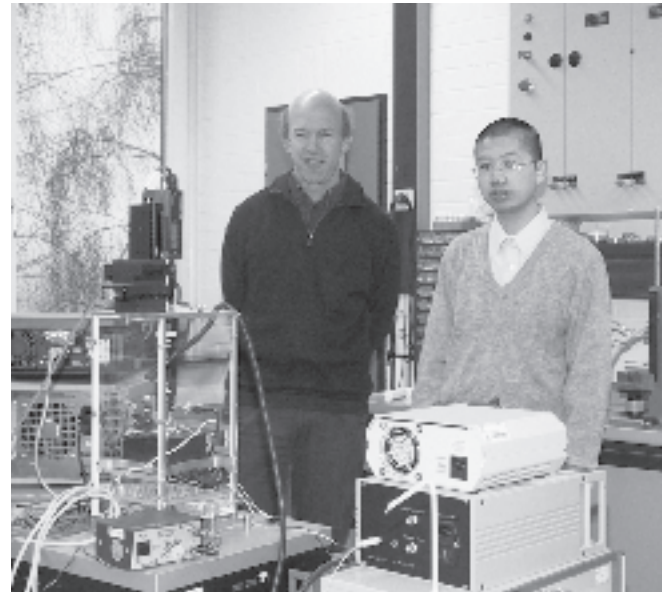
den Ursachen für die Entnetzung von Polymerfilmen. Bei der „Entnetzung“ zerfällt ein Polymerfilm zu Perlenketten aus Polymertröpfchen, welche sich in Mustern anordnen können. So aber erfüllen die Polymerfilme ihre ursprüngliche Schutzfunktion nicht mehr, beispielsweise als Schmierschicht zwischen dem Schreib/Lesekopf eines Festplattenlaufwerks in einem Computer. Die Entnetzung tritt auf, wenn das Material fließen kann. Eine solche Fließfähigkeit findet man z.B. bei hohen Temperaturen oder unter dem Einfluss von weich machenden Lösungsmitteldämpfen. Das Aufbrechen kann auf zwei verschiedenen Wegen geschehen. Bei der „spinodalen Entnetzung“ wachsen kleinste Verdickungen und Verdünnungen solange, bis aus den dünneren Stellen Löcher geworden sind. Bei der „heterogenen Nukleation“ sind die Filme zunächst stabil. Nur wenn sich ein Loch gebildet hat (z.B. hervor-



gerufen durch ein Staubkorn oder einen Kratzer an der Filmoberfläche) wächst das Loch weiter.

Dr. Du hat nun die Filme mit einem Gummi gerieben und so Störstellen bewusst eingebracht. Anschließend hat er beobachtet, ob nun der spinodale Mechanismus zurücktritt zugunsten des Aufbrechens durch Kratzer und Gummiabriebspuren. Interessanterweise ließ das Entnetzungsverhalten sich aber nicht auf diese Weise manipulieren. Was zuvor spinodal entnetzte, tat dies auch nach dem Reiben.

Diese Erfahrung im Umgang mit Polymerfilmen bringt Dr. Du nun an der TU Clausthal für eine ähnlich gelagerte Fragestellung ein. In der Arbeitsgruppe von Professor Johannsmann widmet Dr. Du sich dem Studium des Phänomens der Reibung, das, so alltäglich es auch ist, in seinen Grundlagen in vielen Fällen nicht verstanden oder experimentell nicht modellierbar ist. „Ein Reifen haftet mit der ganzen Breite auf der Straße, eine Glasplatte hat jedoch aufgrund der Rauigkeit nur an wenigen Punkten Kontakt mit der Unterlage. An diesen Punkten ist der Druck sehr hoch“, erklärt Professor Johannsmann. Für Grundlagenuntersuchungen zur Reibung muss man deshalb dafür sorgen, dass man es mit einer einzigen Kontaktstelle mit molekular definierten Eigenschaften zu tun hat. Die Relativgeschwindigkeit zwischen beiden Körpern soll trotzdem mehrere Meter pro Sekunde betragen, damit dieselben Prozesse ablaufen wie in makroskopischen Maschinen. „Dr. Du wird nun bei uns die Polymerfilme auf einen Quarzresonator, bekannt als Taktgeber in jeder Armbanduhr, auftragen. Wird der Quarz in Schwingung versetzt, erzeugt er Scherbewegungen mit so hoher Frequenz, dass dies



**Von der Universität Hong Kong an die TU Clausthal.**

Geschwindigkeiten von Metern pro Sekunde entspricht. Über eine Messspitze werden dann die Reibungskräfte des Polymerfilms untersucht.“ ■



# Gute Noten für Clausthaler Informatik und Maschinenbau

## Rankings des Institut für Personalmarketing, trendence 2003

*Das Institut für Personalmarketing, trendence, befragte in zwei Studien insgesamt rund 5000 Studierende der Informatik aus 49 Hochschulen zu ihrer Studienzufriedenheit und ihren beruflichen und privaten Einstellungen und Erwartungen sowie gleichfalls rund 5000 Studenten der Ingenieurwissenschaften aus 39 Hochschulen zu den genannten Themenfeldern. In beiden Rankings („Das Absolventenbarometer 2003 Deutsche IT-Edition“ und „Das Absolventenbarometer 2003 – Deutsche Engineering Edition“) gehört die TU Clausthal zur Spitzengruppe der deutschen Hochschulen.*

### INFORMATIK

In Puncto „Servicequalität“ des Immatrikulations- und Prüfungsamtes „sowie beim „Umfang und der Qualität der studentischen Aktivitäten“ belegt die TU Clausthal den Rang 1, auch mit den Dozenten und Professoren (Rang 2, Qualität/Betreuung) und der Studienberatung (Rang 3) zeigen sich die Clausthaler Studenten sehr zufrieden.

### MASCHINENBAU

Noch deutlicher fällt das Lob der Studenten über ihre Hochschule im Falle des Maschinenbaus aus. In allen Kategorien der Hochschulbeurteilung liegt der Clausthaler Maschinenbau deutlich über dem Durchschnitt der Vergleichsuniversitäten. Bei den Punkten „Qualität der Dozenten und deren Fähigkeiten zur Vermittlung des Lehrstoffs liegt die TU Clausthal ebenso in der Ranggruppe 1 wie bei den Fragen zur Betreuung durch die Dozenten, dem Umfang und der Qualität der studentischen Aktivitäten, der Qualität und Verfügbarkeit der EDV-Infrastruktur sowie der Qualität der Studienberatung und der Beurteilung hinsichtlich der Internationalität der Ausbildung. Bei der Frage, wie die Studenten die Intensität und Qualität der Kooperation ihrer Hochschule mit der Wirtschaft bewerteten, rückten die Clausthaler Maschinenbaustudenten mit Rang drei ihre Hochschule ins Spitzenfeld. Die Skala der Hochschulbewertung reichte dabei von 1 (besten Wert) bis 10 (schlechtester Wert). ■

# „Welche Perspektive hat Afrika im 21. Jahrhundert, bleibt Afrika ein Katastrophenkontinent?“

*Die Afrikanische Studentengemeinschaft an der TU Clausthal lud im vergangenen Wintersemester zu drei Afrika-Vorträgen ein. Der Präsident der Studentenvereinigung Vincent de Paul Kwé und Dr.-Ing. Ivon Mupende eröffneten am 30. Januar im Seminarraum des ASTA den Zyklus mit einem Übersichtsvortrag, welcher in einer Art tour d'horizon Natur, Menschen und Kultur Afrikas, dessen Geschichte und zentralen heutigen Probleme unter der Leitfrage eröffnete: „Welche Perspektive hat Afrika im 21. Jahrhundert, bleibt Afrika ein Katastrophenkontinent?“*

Das Wort Afrika leitet sich von einem Berberstamm in Südtunesien ab, den „Afri“, welche mit der Begründung der „provincia africana“ durch die Römer – nach der Niederschlagung Karthagos 146. v. Chr. – so zum Namensgeber für den ganzen Kontinent wurden. Die älteste Zivilisation in Afrika nahm seit 3400 v. Chr. in Ägypten ihren Ausgang.

Afrika, das sich physisch in drei Hauptregionen unterteilen lässt – das Atlasgebirge, das afrikanische Tafelland und Ostafrika – beherbergt fünf Vegetationszonen, vom Regenwald, über die feuchte und trockene Savanne, die Wüste, den Mischwald und das Grasland bis zum Nadelwald. 850 Millionen Menschen leben im drittgrößten Kontinent der Erde. Die Bevölkerung wächst mit einer Rate von 2,2% pro Jahr; 50 % der Afrikaner sind unter 15 Jahre alt. „Heute leben weniger alte Menschen in Afrika als noch vor vierzig Jahren. Die Ausbreitung von AIDS ist der Grund hierfür“, sagte Herr de Kwé. 3000 verschiedene ethnische Gruppen und rd. 1500 Sprachen werden gezählt. Von Norden drangen Araber und Berber als Eroberer und Sklavenhändler ein, daher gehören heute 25 % der Afrikaner der arabisch-islamischen Kultur an. 70 %, vor allem südlich der Sahara, sind Schwarzafrikaner, eine Minorität ist indischer oder europäischer Abstammung. Deshalb sind alle Weltreligionen in Afrika vertreten; aus Afrika selbst stammen die Naturreligionen mit einer mystischen Verehrung von Geistern der Ahnen und von Naturkräften, am bekanntesten ist „Voodoo“.

Aus der Geschichte Afrikas nannte Dr.-Ing. Mupende als wesentliche Etappen:

- den transatlantischen Sklavenhandel vom 15. bis 19. Jahrhundert,
- die Zeit des Kolonialismus bis zum Ende der europäischen Herrschaft um 1960,
- die Zerrissenheit der jungen afrikanischen Staaten zwischen westlicher oder östlicher Hegemonie,
- die Entstehung der „Gewaltmärkte“ seit dem Ende des Ost-West-Konfliktes Mitte der 90er Jahre.

Dr. Mupende schätzte, dass zwischen 50 – 100 Millionen Menschen insgesamt versklavt worden seien. Die europäischen Sklavenhändler hätten sich dabei afrikanischer Mittelsmänner bedient, sagte Dr. Mupende. In afrikanischen Kriegen war es üblich, die gefangenen Männer zu ermorden und Frauen und Kinder zu versklaven. Mit dem Auftauchen der portugiesischen Sklavenhändler an der Westküste Afrikas im 15. Jahrhundert begannen afrikanische Könige aus den gefangenen Männern Profit zu ziehen und diese gegen europäische Konsumgüter zu verkaufen, während Frauen und Kinder vorwiegend weiterhin in Afrika versklavt wurden.<sup>1</sup> Bei der Beurteilung der heutigen politischen Verhältnisse in Afrika müsse das fortwirkende Trauma dieser Vergangenheit, ein Gefühl der Ohnmacht mit berücksichtigt werden. Das Ziel der heutigen Generation sei es, das Beste aus den fremden Kulturen aufzunehmen und einer wieder belebten eigenen Kultur, die stolz auf ihre Wurzeln achte, anzuverwandeln.



**Eine Szene aus Angola: Auf der Flucht vor dem Bürgerkrieg campieren diese Menschen in einer verlassenen Fabrik in Malanje; sie sind weitgehend auf sich gestellt. Foto: Rainer Unkel, Bonn.**

Afrika stehe heute materiell schlechter da, als zu Beginn der postkolonialen Epoche vor vierzig Jahren, sagte Dr. Mupende. Den Grund hierfür illustrierte er an der Geschichte seines eigenen Landes, der Demokratischen Republik Kongo. Der erste Premierminister Patrice Lumumba (1960 – 1961) zeigte der abziehenden Kolonialmacht Belgien gegenüber afrikanischen Stolz und erwies sich nicht als gefügig. Auch zeigte er Bereitschaft, Hilfe von der Sowjetunion anzunehmen. Auf dem Höhepunkt des Kalten Krieges wurde er daher von den westlichen Medien zum kommunistischen Buhmann stilisiert. Brüssel intrigierte hinter den Kulissen und goss Öl in das Feuer einer Konfrontation zwischen Brüssel-hörigen Offizieren und rebellierenden afrikanischen Soldaten. Der belgischen Regierung gelang es sogar, die UNO, welche Lumumba zum Schutz der gewählten Regierung ins Land rief, zum Verbündeten ihrer Intrigen zu machen. Schließlich wurde Patrice Lumumba von den Katanga-Szessionisten ermordet – so inthronisierte der kapitalistische Block den ihm genehmen Diktator Mobutu.<sup>2</sup> In ähnlicher Weise gelangten in vielen schwarzafrikanischen Ländern vom Westen gestützte Diktatoren an die Macht; diese ruinierten die Länder. Nach dem Ende des Ost-West Konfliktes ist die ideologisch motivierte östliche bzw. westliche Protektion dieser Diktaturen verschwunden. In das entstandene Machtvakuum drängten Rebellenführer, wie beispielsweise Foday Sankoh in Sierra Leone. Pessimisten sahen keine Chance in den nächsten 30 bis 50 Jahren Armut, Hunger und Kriege in Afrika zu reduzieren. Diesem Pessimismus wollten die Referenten sich aber nicht fügen. Als Konzept benannten sie, eine verstärkte wirtschaftliche Zusammenarbeit der afrikanischen Staaten in größeren Regionen, damit Entwicklungsprojekte in Afrika sich nicht „verzetteln“, sondern die Kräfte gebündelt eingesetzt werden könnten. Die Bekämpfung der Korruption und die Schaffung guter, klarer institutioneller Regelungen seien neben der Gesundheitsaufklärung und der Produktion bezahlbarer Anti-AIDS Medikamente in den afrikanischen Staaten – wie sich zur Zeit gerade abzeichne, weitere, zentrale Voraussetzungen für eine nachhaltige Aufwärtsentwicklung. Schließlich müsse das Problem der Verschuldung der afrikanischen Staaten gelöst werden.

In der folgenden Diskussion wurden schwerpunktmäßig die inneren Faktoren angesprochen, welche Afrikas Entwicklung behinderten. Was könne getan werden, damit der Reichtum einiger – weniger - Afrikaner, statt im westlichen Ausland auf Konten deponiert zu werden, in die afrikanische Volkswirtschaft zurückfließe, wurden die Referenten gefragt. Wenn der Appell an die Moral begleitet sein könne von der Hoffnung, dass in Afrika reinvestiertes Kapital kein verlorenes Geld sei, vermuteten die Referenten vorsichtig.

Viele der heutigen Kriege in Afrika seien nicht von den ehemaligen Kolonialmächten in den Kontinent hineingetragen worden, meinte ein Gast und nannte den Völkermord an Hutus und Tutsis, illustriert auch durch die Frage eines Reporters der New York Times an eine junge Afrikanern, ob sie denn sich Frieden wünsche? „Ja!“ Ob sie dafür auch bereit sei, die Herrschaft eines anderen Stammes zu erdulden? „Nein“, lautete die Antwort, dann gehe

sie lieber in den Tod. „Ja, so denken die Menschen – solange sie nicht die Folgen bedenken und durch Bildung über einen erweiterten Horizont verfügen. Deshalb ist der Dialog so wichtig“, sagte Dr.-Ing. Mupende.

Mit seinem Reichtum an Menschen, Kulturen und Bodenschätzen besitze Afrika ein großes Potential; vieles werde Afrika aus eigener Kraft leisten müssen, aufbauend auf einem starken Selbstbewusstsein, aber allein werde es sich nicht aus dem Elend befreien können.

---

<sup>1</sup> Norman Davies, Europe, A History, Stichwort „Gonclavez“, S. 452, Oxford, 1997

<sup>2</sup> Ludo de Witte, The Assassination of Lumumba, London New York 2001, Erstveröffentlichung in Belgien 1999. ■

# Blutdiamanten fachen Waffenhandel an

*Der Lagerstättenkundler Dr. Alexandre A. Capita aus dem Kongo, der im vergangenen Jahr in Clausthal mit einer mineralogischen Arbeit über Diamantvorkommen promoviert wurde, sprach auf Einladung der Afrikanischen Studentengemeinschaft Clausthal am 5. Februar im Studentenzentrum zum Thema Diamanten in Afrika. Es wurde angekündigt, dass zur geologischen Entstehung der Diamanten ein vertiefender Vortrag am 15. April folgen sollte. An diesem Abend streifte Dr. Capita daher diese Sachverhalte nur; die Diskussion wandte sich primär den politischen Folgen des Diamantenreichtums in Angola, Sierra Leone und der Demokratischen Republik Kongo zu. Gibt es eine Chance, dass Diamanten (und andere Rohstoffe) von Regierungen und Rebellen nicht nur zum Waffenankauf genutzt werden, mit der Folge einer Abwärtsspirale aus Gewalt und nicht enden wollender Kriege? Die Skepsis unter den afrikanischen Gästen war groß, das Kimberley-Process-Abkommen, mit dem Rebellenarmeen von den Diamanten als Finanzierungsquelle ihrer Waffenkäufe abgeschnitten werden sollen, bewirke letztlich nicht mehr als die Macht des Unternehmens De Beers zu stärken und die einfachen Afrikaner vom Segen des Diamantenreichtums auszuschließen. Was denn aber stattdessen getan werden könne und solle, um das Kriegsfeuer zu dämpfen, konnten die Skeptiker nicht sagen; ob dies deren Unvermögen oder die objektive Vertracktheit der Situation beschreibt, muss vielleicht offen bleiben.*

## ENTSTEHUNG DER DIAMANTEN

Diamanten sind bis zu 3,3 Milliarden Jahre alt, d.h. sie sind „kurz“ nach der Zeit des Bombardements der Erde mit Meteoriten und lange vor der Spaltung des Superkontinents „Pangaea“ (Gondwana und Laurasia) gebildet worden und stammen aus einer Tiefe von mehr als 150 km im Erdmantel; nur unter den Druck- und Temperaturbedingungen dieser Teufe kann die spezielle Kohlenstoff-Kristallstruktur des Diamanten entstehen: vier Kohlenstoffatome, äquidistant um ein zentrales Kohlenstoffatom zueinander angeordnet, verleihen dem Diamanten seine besonderen Eigenschaften. Nur bei seltenen vulkanischen Explosionstrichtern, wie zum Beispiel bei Kimberley in Südafrika reicht der Bildungsort der Magmen so tief, dass der Herkunftsbereich der Diamantentstehung mit angeschnitten wird. Und nur in den Bereichen alter kontinentaler Strukturen, Kratone genannt, treten Diamanten auf. Die Kratone sind seit dem Präkambrium nicht mehr tektonisch beansprucht worden, und ihre relativ kühle Lithosphäre reicht bis in Tiefen von 200 km hinab. In den Bereichen jüngerer kontinentaler Kruste, wie dem Harz oder in Norwegen beispielsweise, konnten Diamanten nicht entstehen.

Jeder Diamant ist hinsichtlich Klarheit, Reinheit und Farbe, aufgrund von Begleitelementen, die ins Kristallgitter eingebaut sein können, einzigartig; und wegen seiner extremen Härte und Korrosionsbeständigkeit von nahezu „ewiger“ Dauer. Diese Attribute und die hohe Lichtbrechung (sein „Feuer“) sind es, welche, geschickt genutzt von den Werbestrategen der Diamanten-

industrie, auf romantisch veranlagte und (verliebte) finanzkräftige Menschen seit jeher eine geradezu magische Wirkung ausüben. Die insgesamt jährlich nur rund 24 Tonnen (120 Millionen Karat) von im Bergbau natürlich gewonnenen Roh-Diamanten repräsentieren einen Wert von 7 Milliarden US-Dollar, der sich durch Schleifen und Einarbeitung in Schmuck auf rund 50 Milliarden US-Dollar erhöht.

## ÖKONOMISCHE ROLLE DER DIAMANTEN

Die Heimat der Diamanten ist Indien, wo seit der Antike bis ins 17. Jahrhundert die einzigen Vorkommen bekannt waren. Erst danach wurden Diamanten auch in Brasilien, Südafrika und anderen Ländern entdeckt. Die Kunst des Diamantschleifens, wurde nach Anfängen in Indien, 1.500 v. Chr., im Mittelalter in Europa weiterentwickelt, und ist heute ein wichtiger Wirtschaftszweig vor allem in Indien. Der Rohdiamantenhandel liegt zu rund 70 Prozent in Händen des südafrikanischen Unternehmens De Beers, das regelmäßig an eine Hand voll Großhändler Rohdiamanten zu festen Preisen verteilt, die dann in Antwerpen, Amsterdam, Tel Aviv, Bombay, Surad und New York weiterverarbeitet werden. „Sehr zum Nachteil der Afrikaner gibt es in Afrika, wo die größten Diamantvorkommen der Welt liegen, keine Diamanten weiterverarbeitenden Zentren. Daher bleibt Afrika von diesem Teil der Wertschöpfung ausgeschlossen“, sagte Dr. Capita. ►



Im Gefolge des Rückzugs der ehemaligen Kolonialmächte in Afrika seit Anfang der 1960er Jahre gerieten die jungen afrikanischen Staaten in die Fänge der ideologischen West-Ost Konfrontation. Die USA und Südafrika sowie die Sowjetunion via ihres Satelliten Kuba stützten Diktatoren oder, je nachdem, die gegen diese aufbegehrenden Rebelleinheiten. So wurde in Angola viele Jahre lang die Rebellenbewegung UNITA unter Jonas Savimbi von den USA und/oder der weißen Regierung in Südafrika als Gegengewicht zur an Moskau orientierten Regierung in Luanda finanziert. Mit dem Ende des Kalten Krieges entfiel die Finanzierung durch Moskau und damit auch die Motivation für die USA, die Gegenkräfte zu stützen. Im Jahre 1992 verlor Savimbi eine nach Meinung unabhängiger Wahlbeobachter demokratische Wahl, dies kostete ihn den letzten Rest westlicher Unterstützung. Jonas Savimbi kehrte in den Urwald zurück, seine Kämpfer kontrollierten das Tal des Cuango Flusses, Angolas reichstes Diamantengebiet. Die unter seiner Kontrolle geschürften und verkauften Diamanten wurden zwischen 1992 und 1996 für mehr als drei Milliarden US-Dollar in Waffen umgesetzt. Anders die Situation in dem rohstoffarmen Mozambique: Dort lief sich - mit dem Ende der Sowjetunion - der Stellvertreterkrieg mangels Geld tot. Jonas Savimbi rüstete mit dem Blutgeld der Diamanten seine Armee zu einer hoch mobilen, 35.000 Mann starken Truppe aus. Im Frühsommer 1999 sah es so aus, als würden seine Truppen bald die Regierung stürzen. Die Rebellen konnten von Regierungstruppen zurückgeschlagen werden, weil die Regierung ihrerseits sich in eine wahre Waffenkauf-Organie stürzte, indirekt durch westliche Ölfirmen finanziert, die der angolanischen Regierung soeben für 900 Millionen US-Dollar vor der Küste Angolas die Ölförderrechte abgekauft hatten. 500 Millionen US-Dollar sollen in den Ankauf von Waffen geflossen sein.

Ende der 1990er Jahre schwall der weltweite Protest von Menschenrechtsorganisationen gegen die „Blutdiamanten“ an; im Jahr 2000 forderte die UN-Vollversammlung mit einer Resolution dazu auf, zügig wirkungsvolle Maßnahmen gegen den Handel mit sogenannten Konfliktdiamanten zu ergreifen. Es drohte ein negatives Image von Diamanten und diese Perspektive elektrisierte das südafrikanische Diamantenunternehmen De Beers. Es musste ein Weg gefunden werden, der Öffentlichkeit den Unterschied zwischen guten, „sauberen“ Diamanten und „Blutdiamanten“ zu vermitteln. Versuche, aufgrund mineralogischer Klassifizierungen den Herkunftsort eines Rohdiamanten bestimmen zu wollen, brachten zwar Annäherungswerte, sind aber bis heute mit hohen Unsicherheiten behaftet. Die Gefahr vor Augen, dass der profitable Handel mit Rohdiamanten Einbussen erleiden könnte, falls die Gleichung Diamant gleich Waffenkauf und Krieg sich in der Öffentlichkeit verbreiten sollte, setzte De Beers das politische Vorhaben der Zertifizierung von Diamanten in Gang. Damit soll jeder Rohdiamant, der auf den Markt gelangt, identifizierbar sein und bleiben: Wo und wann wurde er gefördert und wohin exportiert? Damit sollen Diamanten aus Rebellenhand, die folglich auch nicht von einer legitimen Regierungsstelle zertifiziert werden, vom Handel ferngehalten und damit Diamanten als Finanzierungsquelle des Waf-



Abas Sesay, vier Jahre, ein Opfer der Grausamkeiten der Rebellen in Sierra Leone. Mit seinem Freund Isatu Kaigbo sitzt er in einem Lazarett in Freetown, Montag, 11. Oktober 1999.

Foto: Brennan Linsley/AP.

fenkaufs (von Rebellen) ausgeschlossen werden. Das „Kimberley Process Certification Scheme (KPCS)“ wurde im Januar 2003 beschlossen und ist mittlerweile weltweit von 45 Diamanten-exportierenden Ländern und von 15 Diamanten-importierenden Ländern, darunter alle westeuropäischen Staaten, den USA und Kanada ratifiziert worden. Im Oktober 2003 wurden die Verfahrensregeln zur Überwachung des Abkommens, das bis dato nur bei begründetem Verdacht eine Einsichtnahme in die Bücher des Unternehmens durch andere Unternehmen als „Peer review“ vorsah, dahingehend verschärft, dass zusätzlich unabhängige nationale Kontrollgremien, zusammengesetzt aus staatlichen und nicht-staatlichen Vertretern, eine derartige Überprüfung vornehmen können. Menschenrechtsorganisationen sprechen daher davon, dass das Kimberley-Abkommen anfangs, „Zähne“ zu zeigen.

Die Clausthaller afrikanischen Studenten und Gäste dieses Abends beurteilten das Kimberley-Abkommen skeptisch. Er stärke letztlich nur die Macht des Monopolisten De Beers bzw. der jeweiligen Regierungen, weil mit dieser Zertifizierung aller Handel über das südafrikanische Unternehmen geschleust werden müsse, der „einfache Afrikaner“, der bislang durch einen Glücksfall reich werden konnte, nun seine Diamanten an den Staat verkaufen müsse, vielleicht auch schnell einen Kopf kürzer gemacht würde. Ein individuelles Außer-Landes-Schmuggeln sei nicht mehr möglich. Die großen Unternehmen hätten aber immer noch die Möglichkeit, den Herkunftsort der Diamanten zu verschleiern, weil eben eine regionale Klassifizierung mineralogisch nicht möglich sei. Auch hätten die Rebellenführer Waffen in einer Höhe gehortet und verfügten über so horrende Finanzreserven, dass an ein Abflauen der Kriege noch lange nicht zu denken sei. Die gutwilligen Ideen der Menschenrechtsorganisationen blieben graue Theorie, welche gegen die grausame Realität nichts auszurichten vermöchten. Sicher sei nur, dass der einzelne Afrikaner geschädigt werde. Ob aber das Kimberley-Abkommen, wenn schon zu keinem schnellen merkbaren Erfolg, so doch zumindest langfristig ein Schritt zu einem weniger kriegerischen Afrika ein könne, ob diese Hoffnung blind ist, wird sich weisen. ■

# Balance zwischen Tradition und Moderne

## *Gleichberechtigung der Frau - ohne Konflikt zur afrikanischen Kultur*

*Frau Rosine Nanguer, die im Anschluss an ihr Chemiestudium in Kamerun an der TU Clausthal Erdöl-/Erdgastechnik studiert, sprach am 20. Februar im Studentenzentrum (STUZ) im Rahmen der Afrika-Reihe über „Frauen in Afrika“.*

Frau Nanguer führte in ihr Thema mit einigen statistischen Angaben ein: Die Lebenserwartung der afrikanischen Frau liegt bei 60 Jahre, die der Männer bei 57 Jahren; mit 5,1 Kindern pro Frau gehört Afrika zu den Kontinenten mit einer sehr jungen Bevölkerung. In einigen Ländern stellt die Jugend (bis 15 Jahre) die Bevölkerungsmehrheit; AIDS betreffe unter allen Infizierten zu 58% die Frauen. Der Grund seien Promiskuität, Vergewaltigungen und ungeschützter Geschlechtsverkehr. Der Infektionsgrad der erwachsenen Bevölkerung schwankt je nach Region und der dortigen sozialen und wirtschaftlichen Lage zwischen 10 – 40 %. In Bürgerkriegsgebieten kommt es zu Massenvergewaltigungen. AIDS macht viele Kinder zu Halb- oder Vollwaisen. Je nach Schichtzugehörigkeit schwankt die Alphabetisierung der afrikanischen Frau zwischen 10 – 80 Prozent. Die Rolle der Frauen erstreckt sich auf alle Bereiche des Lebens, von der Politik, über die Wirtschaft, Tätigkeiten im Bildungswesen, für die Gesundheit und, natürlich, die traditionelle Haushaltsführung.

Zahlreich sind die Vorbilder in der Geschichte Afrikas an führenden Rollen von Frauen in der Staats- und Heerführung (Hatshepsut, Königin von Kemet (1503 – 1482 v. Chr. Amina, Königin vom Zaria, 1533 – 1576 n. Chr., Königin Nzinga von Angola und Congo, 1582 – 1663 n. Chr.) oder auch von Frauen, welche priesterliche Rollen ausübten, wie die Königin vom Kemet, Nofretete, 1340 – 1324 v. Chr.) Und für die Gegenwart konnte Frau Nanguer eine imposante Liste von Frauen in führenden Staatsämtern vorlegen.

In der Ur- und vorkolonialen Zeit habe in den Regionen Afrikas, die matrilinear in der Erbfolge organisiert gewesen seien, und das seien mit Ausnahme des Maghreb praktisch alle Regionen Afrikas gewesen, ein Gleichgewicht zwischen den Geschlechtern geherrscht; Frauen und Männer hätten zwar getrennt gearbeitet und auch nicht über gemeinsamen Grundbesitz verfügt, sie waren aber in ihrem je eigenen Reich jeweils gleichberechtigt.

Mit dem Übergang von einer Subsistenz- zu einer exportorientierten Wirtschaft - statt Mais- und Maniokanbau und etwas Viehhaltung für die eigene bescheidene Ernährung hin zu einer exportorientierten Wirtschaft mit Kaffee- und Kakaopflanzungen - hätte sich auch das Verhältnis von Männern und Frauen verändert, mit der Folge männlicher Dominanz und Vorherrschaft. So die These von Frau Nanguer. Es seien Städte entstanden. Die Männer wanderten in die urbanen Zentren ab, auf der Suche nach Arbeit. Die Frauen mussten zusätzliche Aufgaben in der Landwirtschaft übernehmen, und sie tragen Verantwortung für die Rumpffamilie, während die Männer in den Städten arbeiten und manchmal Geld schicken. Und in den vielen Ländern Afrikas, in denen Krieg herrscht, sind viele Männer getötet worden und die Frauen müssen, wie die „Trümmerfrauen“ im Nachkriegsdeutschland, für

das Überleben der Hinterbliebenen sorgen. So sind in Ruanda heute 48% der Parlamentarier Frauen. Dies sei in vielen Ländern Afrikas heute die Situation. Die traditionelle Praxis der Verstümmelung der Vagina durch deren Beschneidung werde intensiv in Schwarzafrika bekämpft und zurückgedrängt, sei aber beispielsweise unter den afrikanischen Einwanderern in Frankreich ein eminentes Problem, sagte Frau Nanguer. Diese Fakten kontrastierte Frau Nanguer mit einem traditionellen Sprichwort aus Ghana: „Die Frau ist wie eine Blume im Garten, und der Mann soll ihr Schutz sein.“ Es betont die Komplementarität von Geschlechtern in der afrikanischen Gesellschaft, keine Unterordnung.

Frau Nanguer benannte Bildung und Ausbildung für die Frauen als Königsweg für eine bessere Zukunft. Dabei wollte sie afrikanische Familienwerte mit beruflicher Selbstständigkeit verbinden. Während bis zu diesem Punkt der Analyse das Auditorium dem Vortrag zustimmend folgte, entstand bei der Frage, welche Rolle die Frau in Afrika denn heute einnehmen solle, welche Faktoren die Entwicklung der Frauen in Afrika behinderten, eine lebhaft, ja passagenweise geradezu leidenschaftliche Diskussion unter den vorwiegend männlichen afrikanischen Gästen. Als das Stichwort „Emanzipation“ und Gleichberechtigung fiel, beispielsweise beim Recht auf eigenen Pass und dem Recht auf Kreditwürdigkeit bei Banken, ohne dass der Ehemann oder Vater dem erst zustimmen müsse, wurden zuerst die Fakten selbst in Zweifel gezogen, als die Männer aber Gegenwind aus den eigenen Reihen bekamen, mussten sie diese Widerstandslinie aufgeben. Dann trat, erheiternd für die Referentin, das Schreckgespenst westlicher Emanzipation hinzu. Die afrikanische Frau wolle doch gar nicht wie die westliche Frau leben und diese passe zu ihr auch gar nicht. Mit dieser Vereinzelung werde die Zerstörung der Familie eingeleitet, wie man sie in Deutschland sehe und unter gar keinen Umständen für Afrika wolle; es schloss sich eine Debatte an, wie sie vor 25 Jahren in Deutschland geführt wurde: Ein Schutz der Frau vor Vergewaltigung in der Ehe sei doch absurd, weil es in der Ehe gar keine Vergewaltigung geben könne.

Jeglicher Hochmut des deutschen Beobachters wäre aber dumm und gänzlich unangemessen, bedenkt man doch nur, dass es im Hort westlicher Demokratie, in Großbritannien bis heute möglich ist, die „eigene“ Ehefrau in den eigenen Reisepass einzutragen – auf dass sie nicht ohne einen selbst ins Ausland reisen kann, und in der friedlichen Schweiz wurde erst vor wenigen Jahren in den letzten Kantonen die Regelung aufgehoben, welche vorsieht, dass Frauen nur mit Zustimmung ihrer Ehemänner ein eigenes Bankkonto eröffnen dürfen. Mehr oder minder sanfte Privilegien der Männer gegenüber den Frauen, von Männern fein ausgeklügelte oder rabiate Einhegungen weiblicher Selbstständigkeit gibt es auf diesem runden Planeten überall; gerecht(fertigt) sind sie dadurch weder hier noch dort und werden mit einem intellektuellen Fortschritt verschwinden – so könnte ein optimistisches Fazit des Abends lauten und bekanntlich ist der Pessimist der einzige Mist, auf dem nichts wächst. ■

# Ergänzung der Lehrangebote der Universitäten Clausthal und Göttingen per Internet

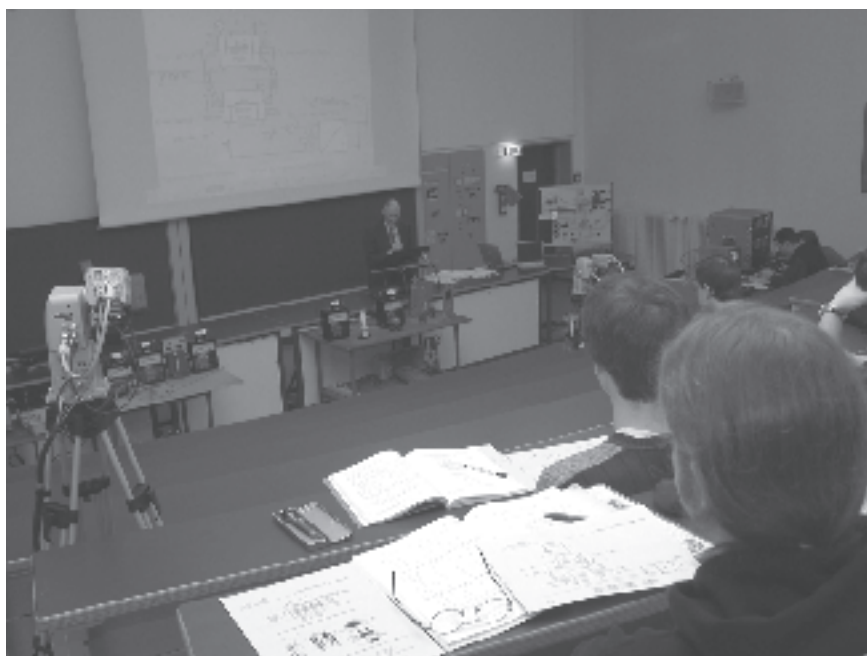
Die TU Clausthal und die Universität Göttingen tauschen im Rahmen des von der niedersächsischen Landesregierung geförderten ELAN-Projektes (eLearning Academic Network) seit dem Vorlesungen per Internet aus und ergänzen so ihr jeweiliges Lehrangebot; Prüfungen sind an beiden Standorten möglich. Am 19. März berichteten auf der CeBit 2004 in Hannover am Stand der niedersächsischen Hochschulen in der Halle 11, Stand A 21, Gudrun Mittermair vom Multi-Media-Team des Rechenzentrums der TU Clausthal und Dr.-Ing. Aimee M'Buy vom Institut für Elektrische Energietechnik über Erfahrungen und Ergebnisse dieses Projektes. Die Universitäten Clausthal/Göttingen sind einer von insgesamt drei „Netzpiloten“ (Die beiden weiteren sind: Uni Oldenburg/Osnabrück, Uni und MH Hannover/ Braunschweig).

Die niedersächsische Landesregierung verfolgt damit das Ziel bis 2006 die Lehrangebote benachbarter Universitäten so zu vernetzen, dass Spezialvorlesungen nicht mehr nur an einer Universität, sondern an beiden unabhängig von Standorten für die Studierenden per Internetübertragung oder als Internet-Lehrangebot vorgehalten werden können. Gleichzeitig sollen Erfahrungen gewonnen werden für akademische Weiterbildungsangebote per Internet.

Konkret wurden an der TU Clausthal im Sommer- und Wintersemester 2003 acht Vorlesungen aus dem Bereich Mathematik, und Informatik und Wirtschaftsinformatik aus Göttingen „importiert“. Sie konnten auf dem Campus der TU Clausthal von den Clausthaler Studierenden mit verfolgt werden. Im Gegenzug wurden je zwei ingenieurwissenschaftliche und eine wirtschaftswissenschaftliche Vorlesungen von Clausthal aus an die Universität Göttingen „exportiert“.

Darüber hinaus wurden in Clausthal-Zellerfeld zwei Vorlesungen im eigenen Multi-Media-Hörsaal aufgezeichnet. Nun stehen sie im Nachhinein den Studierenden zur Nachbereitung des Vorlesungsstoffes zur Verfügung. So können die Studenten ihre bisherigen Lernstrategien, wie Lernen nach eigenen Aufzeichnungen, Durcharbeiten von Vorlesungsskripten und dem Lernen mit Büchern um einen neuen Weg ergänzen. Die aufgezeichneten Vorlesungen sind sowohl online vom Video-Server der TU Clausthal abrufbar, wie auch offline als Daten-DVD-R zum Selbstkostenpreis beim Rechenzentrum Institut erhältlich.

„Das Angebot des Rechenzentrums wird von den Studenten angenommen. Insbesondere abends und in der Prüfungszeit verzeichnen wir aus den studentischen Wohnheimen Zugriffe auf die Vorlesungen, die als Down-Stream im Intranet angeboten werden viele Zugriffe aus den vernetzten Studentenwohnheimen und von T-DSL Anschlüssen auf unseren Server“, berichtet Dipl.-Ing. Hans- Ulrich Kiel vom Multimedia-Team des Rechenzentrums.



**Einführung in die Elektrotechnik mit Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, einmal live und einmal als Aufzeichnung, das eröffnet neue Lernstrategien.**

Alles über ELAN:

<http://www.elan.tu-clausthal.de>

Grundlagen der Elektrotechnik I:

<http://video.tu-clausthal.de/vorlesungen/iee/et1-ws0304/>

Management Consulting:

<http://video.tu-clausthal.de/vorlesungen/wiwi/mc-ws0304/>

Alle Vorlesungen:

<http://video.tu-clausthal.de/vorlesungen/>



# Strukturen sehen, die kleiner sind als die Wellenlänge des Beobachtungslichts

*Die Clausthaler Physikstudentin Sandra Börner ging im Sommer 2003 zur Vorbereitung ihrer Diplomarbeit für fünf Monate an das nationale Forschungszentrum in Berkeley in Kalifornien, USA.*

Dort befasste sie sich mit einer Technik, die physikalische Grunddogmen korrigiert: Zwei Punkte, welche dichter beieinander liegen als die Hälfte der Wellenlänge des eingestrahnten Lichtes, werden ununterscheidbar. Sie verschwimmen zu einem Punkt. So lautet die klassische Regel für Lichtmikroskope. Sie gilt aber im Falle der optischen Nahfeldmikroskopie nicht mehr. Und mit dieser neuen Technik konnte Sandra Börner in der Gruppe von Professor Stephen R. Leone arbeiten. Mit einem solchen Mikroskop können Hell/Dunkelbereiche auf einer Oberfläche unterschieden werden, die nur ein Zehntausendstel einer Haaresbreite auseinander liegen. Diese Technik (NSOM) erlebt in den Forschungslaboratorien weltweit seit zehn Jahren einen stürmischen Aufschwung. Eine Weiterentwicklung dieser Technik, an der sie gearbeitet hat, ist das aperturlose NSOM (ANSOM).

Wie wird dieses Phänomen möglich? Wird eine Oberfläche von einem Laser unter dem Winkel der Totalreflexion beleuchtet, wird neben dem Fernfeld, das Details der Objekte zeigt, die größer als die Wellenlänge des eingestrahnten Lichtes sind, auch ein Lichtfeld erzeugt, das nur bis zu wenigen Hundernten Nanometern von der Oberfläche entfernt noch gemessen werden kann. Es zeigt Details der Oberfläche im Sub-Wellenlängenbereich. Eine Metallnadel (Durchmesser: unter 100 nm) sammelt dieses Lichtfeld und strahlt es wie eine optische Antenne ab; ihr Signal ist das Messinstrument.

Nanostrukturen zu sehen, war der eine, sie zu erzeugen, der andere Teil ihrer Arbeit in Berkeley. So stellte sie Zinkoxidadeln auf einer Goldunterlage in der Größenordnung weniger Nanometer her. Aus diesem Material, einem Halbleiter, hofft man, eines Tages schnelle photoelektrische Schalter, Sensoren und Lichtquellen herstellen zu können. Heute sind derartige miniaturisierte Laserquellen, die ein Tausendstel Mal dünner als ein Haar und nur wenige Mikrometer lang sein werden, noch Zukunftsmusik. Konkret bedampfte Sandra Börner Quarz mit einer Goldschicht und in einem Röhrenofen umströmte Zinkdampf die Probe um sich dadurch mit dem Gold zu einer Legierung zu verbinden. Sind alle freien Goldatome abgesättigt, so kristallisiert Zink zu

Zinkoxid aus und es wachsen Figuren aus Zinkoxid, Ringe oder Nadeln, je nachdem wie die Prozessparameter eingestellt werden „Ich habe diese Nanostrukturen hinsichtlich ihrer Größe, Qualität und Orientierung mit einem Rastertkraftmikroskop untersucht“, berichtet Sandra Börner.

Am Wochenende erkundete sie San Francisco, die Pazifikküste und die Nationalparke im Umfeld. Ein Besuch auf der Gefangeneninsel Alcatraz durfte nicht fehlen. „Auch wenn es dort penetrant nach Vogelschiete stank“, erzählt sie lachend. „Am Lake Tahoe habe ich zum ersten Mal in meinem Leben einen frei lebenden Wolf gesehen.“ Vor der Küste San Franciscos segelte sie. Meterhohe Wellen warfen die Jolle, als wäre sie eine Nusschale. Der klassische deutsche Tourist fährt in San Francisco mit der Cable Car, jener Straßenbahn, die sich zahnradgetrieben ächzend die hügeligen Straßen hinauf- und herunterzieht. Kennt sie die? „Die bin ich nicht gefahren, denn nach zwei Monaten fühlte ich mich eher wie eine Einheimische“, sagt Sandra Börner und strahlt.

Die „Eintrittskarte“ für ihren Studienaufenthalt stammte von ihrem Clausthaler Physikprofessor Wolfgang Schade, der selbst mit Professor Leone nach seiner Doktorarbeit zusammen gearbeitet hatte, zuletzt als Professor an der Boulder Universität in den USA, bevor er von dort an die TU Clausthal kam. ■

## Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren stellte Dienstleistungsangebot der Industrie vor

*Zu einem Informationsnachmittag kamen am 18. Februar rund 25 Vertreter von Unternehmen aus dem Harzer Raum auf Einladung des Zentrums für Technologietransfer und Weiterbildung, Abteilung Technologietransfer, ins Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren (ISAF) im Feldgrabengelände.*

Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling, Dr.-Ing. Antonia Schram und Dr.-Ing. Rolf Reiter stellten die Palette der möglichen Dienstleistungen des ISAF für die mittelständische Industrie vor.

Das Fügen und Trennen von Bauteilen, der Schutz von Bauteilen vor Verschleiß durch das Auftragen besonders harter Schichten durch Schweißen und die Analyse der Ursachen von Schadensfällen durch Korrosion oder Verschleiß sind die Themenfelder, denen sich die Wissenschaftler am ISAF in Grundlagen- und angewandter Forschung sowie als Gutachter und Berater für die Industrie widmen. Das Institut besitzt zwei Standorte, und zwar im Feldgrabengelände, dem Campus der TU Clausthal, und in Goslar im Schleeke. Das Institut verfügt über eine Palette der modernsten Industriegeräte zum Schweißen, Plasmalöten von Bauteilen sowie zum Trennen oder abtragenden Bearbeiten von Bauteilen, an denen Untersuchungen zur Optimierung von Prozessparametern durchgeführt werden. ■



Ein touristisches „Mekka“, die Skyline von San Francisco.



# Umweltschutztechnik in Litauen und im Südlichen Afrika

*Studienstiftler Andreas Wade im Gespräch*

*Andreas Wade aus Schönebeck bei Magdeburg lernte die TU Clausthal vor fünf Jahren über ein Schülerseminar in den Geowissenschaften kennen und hat seine Entscheidung hier Umweltschutztechnik zu studieren, nicht bereut. „Ganz wesentlich dazu beigetragen haben Dr. Matthias Schlicht, Professor Michael Jischa und Dr. Christian Berg mit ihren Seminaren zum Verhältnis von Theologie und Naturwissenschaften. Dadurch habe ich den Zugang zu den Geisteswissenschaften gefunden. Wenn wir Ingenieure, beispielsweise beim Castor-Transport, mit Aussagen konfrontiert werden, wie „Ich spüre, dass das nicht gut ist“, dann stehen wir mit unseren Formeln und unserem Wissen argumentativ oft auf verlorenem Posten. Gerade auch für die Umweltkommunikation und mein eigenes Verständnis von Texten habe ich aus diesen Seminaren viel gewonnen“, sagt Andreas Wade.*

Nach dem Vorexamen wurde er vorgeschlagen für die Studienstiftung des Deutschen Volkes und gehört heute zu den 4,4 Promille der Clausthaler Studentenschaft, die von dieser Begabtenförderung mit einem Büchergeld und Sommerakademien profitieren; im Norden Deutschlands hält Clausthal mit diesem Anteil unter den Technischen Universitäten den ersten Rang (absolut Platz 17).



**Auf einer Hochgebirgstour**

Rund 30 Umweltschutztechniker seien sie im ersten Semester vor viereinhalb Jahren gewesen, durchgehalten hätten nur vier, berichtet Andreas Wade. Die anderen seien abgewandert an die Universität Stuttgart, weil sie sich mehr mit Biologie beschäftigen wollten, oder hätten in Clausthal auf die Verfahrenstechnik umgesattelt. Nicht wenige seien auch an Prüfungen hängen geblieben. Er hat sich gemeinsam mit einem Freund wechselseitig motiviert.

Zuletzt war er auf Vermittlung von Professor Dr. Reiner Weichert vom Institut für Mechanische Verfahrenstechnik für eine sechsmonatige Studienarbeit an der Technischen Universität Kaunas in Litauen. Sein Thema: Untersuchungen zum Abfallmanagement. Litauen wurde im Mai dieses Jahres Mitglied der Europäischen Union und soll auch bei der Abfallbeseitigung die EU-Grenzwerte bei Sickerwässern, Drainagewerten, Abdichtungen der Deponien etc. einhalten. „Davon ist Litauen zur Zeit noch weit entfernt. Ich habe für einen Teilaspekt, die kommunalen Siedlungsabfälle, die Stoffströ-

me hinsichtlich ihrer Zusammensetzung analysiert und einen Verfahrensweg vorgeschlagen. Zuerst eine biologisch-mechanische Vorbehandlung, anschließend eine Verbrennung oder eine Vergasung nach dem Thermoselect Verfahren und Ablagerung der unbedenklichen Aschen und Schlacken auf einer Depo- nie.“ Gemeinsam mit weiteren französischen Austauschstudenten und litauischen Kommilitonen bereiste er das Land. „Litauen ist sehr schön. Ich habe das Land lieb gewonnen, und meinen Französischkenntnissen hat die Zeit auch nicht geschadet.“



**Andreas Wade**

Zwei litauische Ingenieursstudentinnen kommen demnächst mit einem Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes an die Institute für Mechanische Verfahrenstechnik und Anorganische Chemie, um die Untersuchungen zu vertiefen. Hieran wird Andreas Wade sich beteiligen. Wenn das abgeschlossen ist, plant er von seinem „Basislager“ Clausthal-Zellerfeld für ein halbes Jahr nach Afrika aufzubrechen, um, so sein Traum, ein halbes Jahr für die Umweltorganisation der UNO ( UNEP, United Nations, Environment Programm) in Nairobi gemeinsam mit Menschen aus vielen Ländern praktischen, technischen Umweltschutz zu leisten. ■

## TU Clausthal in der Spitzengruppe

*Das an der Universität Bonn angesiedelte „Kompetenzzentrum Frauen in Wissenschaft und Forschung (CEWS)“ hat im August 2003 ein „Hochschulranking unter Gleichstellungsaspekten“ veröffentlicht, in welchem die TU Clausthal unter insgesamt sieben Kriterien bei zwei Kriterien zur Spitzengruppe und bei einem zur respektablen Mittelgruppe gehört.*

Hinsichtlich des Anteils der Frauen an der Gesamtzahl der Promotionen und Habilitationen gehört die TU Clausthal in die Spitzengruppe technischer und naturwissenschaftlicher Fächer an deutschen Universitäten. Fernerhin gehört die TU Clausthal in der Kategorie „Steigerung des Frauenanteils an den Professuren gegenüber 1996“ zur Mittelgruppe.

Die Erfüllung des Gleichstellungsauftrages ist Aufgabe der Hochschulen: Sie sollen die tatsächliche Durchsetzung der Gleichberechtigung von Frauen und Männern fördern und auf die Beseitigung bestehender Nachteile hinwirken. So bestimmt es das Hochschulrahmengesetz. „Seit 1998 fließen Fortschritte bei der Erfüllung des Gleichstellungsauftrages in die Finanzierung der Hochschulen ein und werden – wie die Arbeit der Hochschulen in Forschung, Lehre und bei der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses – regelmäßig bewertet“, heißt es in dem Bericht. Chancengleichheit sei inzwischen zu einem herausgehobenen Qualitätskriterium von Hochschulen geworden, heißt es in dem Bericht. ■

# Beharrlichkeit, Fleiß und Intelligenz führten zum Erfolg

*DAAD-Preisträgerin 2003 Frau Dipl.-Ing. Renáta Višcorová*

*Renáta Višcorová ist ein Gewinn für die TU Clausthal - als Botschafterin der Clausthaler Studiemöglichkeiten und „Brückenbauer“ zu ihrer Heimathochschule, der VSB TU Ostrava in Tschechien und zugleich als hellwache, engagierte Doktorandin bei Professor Dr. Karl-Heinz Spitzer im Institut für Metallurgie.*

Im vergangenen Jahr, am 12. Juni schloss sie, zwei Tage vor ihrem 25. Geburtstag, ihr Metallurgiestudium mit der Note 1,4 ab. In ihrer Diplomarbeit untersuchte sie die Duktilität und die Tiefzieheigenschaften hochmanganhaltiger TRIP-Stähle in Abhängigkeit von der Glüh Temperatur und dem Walzen. Im Mai dieses Jahres stellte sie auf einer internationalen Konferenz in Sindelfingen (IDDRG 2004) ihre Ergebnisse vor. Der Deutsche Akademische Austauschdienst zeichnete sie als besten ausländischen Absolventen des Jahrgangs 2003 an der TU Clausthal aus. Der DAAD-Preis ist nicht die erste Auszeichnung, welche ihr widerfuhr. Im Jahr 2002 erhielt sie, als eine von sieben Stipendiaten insgesamt, ein Stipendium des tschechischen Ministerpräsidenten zur Fortsetzung ihres Studiums in Deutschland. Ihr hohes Leistungsvermögen stellte Frau Višcorová gleich zu Beginn ihres Aufenthaltes unter Beweis: Damals absolvierte sie binnen sechs Monaten zwei anspruchsvolle Fachprüfungen, bestand die (gefürchtete) Deutschprüfung für Ausländer, welche erst ein Studium in Deutschland über den Kurzaufenthalt hinaus möglich macht, und arbeitete im Institut für Metallurgie als studentische Hilfskraft.

Im Institut für Metallurgie widmet sie sich neben ihrer Forschungsarbeit der Aufgabe gemeinsamen mit dem Prodekan der Fakultät für Metallurgie und Werkstoffwissenschaften der VŠB-TU Ostrava, Doc. Ing. Toman, CSc und dem Clausthaler Studienfachberater für die Metallurgie, Dr. Ditze ein Studienplanmodell zu konzipieren, mit dem Studierende aus Ostrava und Clausthal bei wechselseitiger Anerkennung ihrer an der jeweils anderen Hochschule erbrachten Leistungen ein deutsch-tschechisches Doppeldiplom erwerben können. Gleichzeitig arbeitet Frau Višcorová an ihrer Doktorarbeit: In ihr geht es darum die in der Stahlherstellung auftretenden Wechselwirkungen zwischen Zunderbildung und Wärmetransportvorgängen an



der Oberfläche von Stahlbändern besser zu verstehen. Der Verzunderungs-/Entzunderungsprozess ist aufgrund der Vielzahl wechselwirkender Parameter gegenwärtig nicht in ausreichendem Maße kontrollierbar und stellt ein Kernproblem in der Stahlherstellung dar. Ziel der Forschungen ist es daher, Formeln, Regeln und Algorithmen zur Beschreibung der Verzunderung und ihrer Auswirkungen auf Wärmetransportvorgänge zu entwickeln. Damit sollen, langfristig gesehen, Regeln zur gezielten Beeinflussung der Ver- und Entzunderungsphänomene durch die richtige Auslegung der Öfen aufgestellt werden können. ■

## Maschinenpark des Instituts für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik wiederum erweitert

*Der Maschinenpark des Instituts für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik (PuK) der Technischen Universität Clausthal erfährt im April 2004 weitere Neuerungen. In der Installationsphase befinden sich derzeit eine Thermoplast-Mikrospritzgießmaschine, eine Anlage für die Herstellung von Faserverbundbauteilen mittels des Resin Transfer Moulding (RTM) Verfahrens und ein Mikroextruder für den Bereich Polymerchemie.*

Neben den zwei bereits im Institut vorhandenen Spritzgießmaschinen wird der neue Arburg Allrounder 220C-150/60 hauptsächlich für die Verarbeitung von sehr geringen Mengen Thermoplast eingesetzt. „Mit der Mikrospritzgießmaschine sind wir in der Lage, die bei der Synthese von neuartigen Kunststoffen anfallenden wenigen Gramm in ein Bauteil zu verwandeln, um dann seine mechanische Leistungsfähigkeit bewerten zu können“, sagt Dipl.-Chem. Leif Steuernagel, Oberingenieur am PuK, „eine unverzichtbare Einrichtung bei der anwendungsnahe Polymerchemie!“

Die Spritzgießverarbeitung von Kleinstmengen wird ergänzt durch einen Mikrocompounder der Fa. Thermo Haake zur Herstellung von Mischungen oder gefüllten Kunststoffen. Die Verarbeitung von Kunstharzen, sogenannter Duomere, steht bei der Beschaffung des Werkzeugträgers und einer Mischanlage für das RTM-Verfahren im Vordergrund. Der Bearbeiter Dipl.-Ing. Tobias Schossig: „Hohe Präzision von Werkzeugträger und Mischanlage sind Grundvoraussetzungen für die Fertigung mit RTM. Das Verfahren ist bestens geeignet für spezielle Leichtbauteile aus Kohlenstofffaser, die u.a. in der Luftfahrtindustrie eingesetzt werden.“ Bis es so weit ist, kann die Anlage für zwei am Institut laufende Projekte eingesetzt werden, bei denen tragende Strukturen für ein Kickboard und einen Skiroller hergestellt werden.

„Unser Technikum platzt förmlich aus allen Nähten, so dass wir gezwungen waren, schon einen Teil davon mit einer Bühne zu überbauen“, erklärt Prof. Dr.-Ing. Gerhard Ziegmann, Leiter des Instituts. „Trotzdem sehen wir einer weiterhin rasanten Entwicklung positiv entgegen.“

Möglich geworden sind die neuen Anschaffungen durch Fördergelder des Bundes und des Landes Niedersachsen.

# Gold, Silber, Vulkane - und Blei in der Luft

Die südamerikanischen Anden sind reich an metallischen Bodenschätzen. Deshalb waren der Clausthaler Lagerstättenkundler Prof. Dr. Bernd Lehmann und der Geologe Dr. Rainer Müller von Ende September bis Mitte Oktober 2003 mit 20 Clausthaler Studenten in Bolivien und Chile unterwegs; am Ende ihrer Reise wurden sie unfreiwillig Zeugen der politischen Unruhen in Bolivien. Während das Militär Dutzende Menschen erschoss, flüchteten sie auf Umwegen zum Flughafen und konnten mit einem Militärflugzeug entkommen. Alle kamen wieder wohlbehalten in Deutschland an.

Am 28. September sammelte sich die Gruppe in La Paz. Am nächsten Tag stiegen sie auf den 5200 Meter hohen Chacaltaya. Eine Straße führte bis wenige hundert Meter unter den Gipfel, der Anstieg forderte jedoch in der dünnen Luft jeden bis an die Leistungsgrenzen. Psychotraining für den Zusammenhalt der Gruppe.

Vor der Westküste Südamerikas taucht ozeanische Kruste unter der kontinentalen Platte ab. In 100 Kilometer Tiefe bilden sich Schmelzen. In einem komplexen Wechselspiel aus Magma, Gasen und Flüssigkeiten werden in den Anden-Vulkanen, physikalisch vergleichbar einer entperlenden Champagnerflasche, aus großer Tiefe metallische Elemente (in erster Linie Kupfer, Zinn, Gold und Silber) in höhere Schichten oder an die Tagesoberfläche transportiert. So kommt es, dass in dem zentralen Andengürtel einige der weltweit größten Kupfer-, Zinn-, Gold- und Silberlagerstätten anzutreffen sind. Diese erkundeten die Clausthaler Geologen, querten die berühmte Hochebene des Altiplano mit dem Cerro Rico de Potosi und dem größten Salzsee der Erde und besuchten die spektakulären Kupfertagebaue von Chile wie Chuquibambilla und Escondida. Auf dem Rückweg von der Pazifikküste zum Flughafen El Alto von La Paz hatten kurz vor der Stadt Bauern und Bergarbeiter überall Steine auf die Straße geworfen. Der Grund des Konflikts: Der gewählte konservative Präsident wollte eine Erdgaspipeline für den Export durch Chile ans Meer bauen. Die nationalistisch und links eingestellten ärmeren Bevölkerungsschichten fürchteten den Ausverkauf nationaler Ressourcen. „Alle paar Jahre kommen die Bergarbeiter in die Hauptstadt und werfen Dynamit. Das kenne ich seit meiner Promotionszeit vor 25 Jahren“, sagt Professor Lehmann. „Und an der allgemeinen Armut hat sich trotz der vielen Tonnen von Edelmetallen, die ins Ausland verkauft wurden, bisher nichts geändert.“



„Alle paar Jahre kommen die Bergarbeiter in die Hauptstadt und werfen Dynamit.“



Das „Abenteuer“ steht ihnen noch bevor.

Dem Fahrer des Exkursionsbusses wurden die letzten Kilometer der insgesamt 3000 km langen Tour „zu heiß“. Er bog kurzerhand in einen Hof am Stadtrand von El Alto hinein. Dort saßen sie, vor dem Haus Scharfschützen, in Sichtweite Schüsse und Rauchschwaden, der Flughafen am Horizont erahnbar. Trinkwasser und Lebensmittel gingen zur Neige. Dazu keine Aussicht, mit dem Bus ans Ziel zu gelangen. Nach einem nervösen Tag des Abwartens beschließen sie, sich zu Fuß zum Flughafen durchzuschlagen, 16 km, abseits der Hauptstraßen. Nach einer Nacht auf den Flughafenbänken, Pleite: Alle Flüge sind gestrichen. Da sehen sie: Von einem Rollfeld hebt eine Privatmaschine ab. Per Telefon versuchen sie, ein Flugzeug zu chartern, und weil Professor Lehmann und Dr. Müller für Notfälle jeweils einige Dollar bar in der Jackett-Tasche mit sich tragen, ordern sie eine Fokker aus Santa Cruz, aus dem friedlichen Tiefland von Bolivien. Preis: 3.800 US-Dollar (in cash). Überzählige Plätze verkaufen sie an wartende Europäer. In der Zwischenzeit wurde die Deutsche Botschaft aktiv, alarmiert durch Telefonanrufe von Angehörigen, und ein ranghoher Militär bietet ihnen eine Maschine der bolivianischen Luftwaffe an und ordert die bereits in der Luft befindliche Privatmaschine zurück. Zweimal zahlen, einmal fliegen, und der Thriller war vorbei.



In der Stille der Geröllwüste - der zentrale Andengürtel birgt weltweit die größten Gold-, Silber- und Kupferlagerstätten.

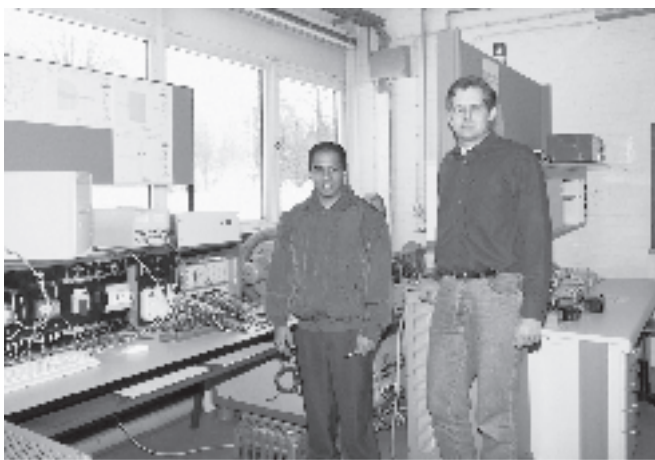


## Kurzaufenthalt an der TU Clausthal brachte kubanischen Wissenschaftler an seiner Doktorarbeit voran

### Überprüfung einer Schutzschalter-Simulation an einem realen Netzwerk

*Mitten im Winter, von Dezember bis Februar, verlegte Msc. Orlys Ernesto Torres Breffe aus Havanna in Kuba sein Domizil aus den karibischen Tropen in den sonnig frostigen Oberharz. Der Grund: Ausgerüstet mit einem Stipendium des Deutschen Akademischen Austauschdienstes konnte Herr Torres Breffe im Institut für Elektrische Energietechnik bei Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck seine Doktorarbeit, welche der junge Elektroingenieur zuhause in Havanna am Institut für Elektrotechnik der Hochschule für Bergbau und Metallurgie anfertigt, um einen entscheidenden Schritt voranbringen.*

Mit der Software Matlab entwarf er in Kuba eine Simulation für ein Sicherungssystem eines größeren Netzwerkes. Was jeder als die „herauspringende Sicherung“ von zuhause im Kleinen kennt, ist bei größeren Netzwerken natürlich beliebig komplexer. So liegt es nahe, das Verhalten der Schutzschalter in einer Simulation zu testen: Reagieren sie auch wie erwartet? In der erforderlichen Kürze der Zeit? Bei den verschiedensten Betriebssituationen? Bei Überlast oder Unterlast, bei Strom- und Spannungsspitzen?



Msc. Orlys Ernesto Torres Breffe mit Dr. Dirk Turschner im Labor.

„Ich war in Kuba mit meinem Simulationsprogramm schon recht weit gekommen“, erzählt Orlys Ernesto Torres Breffe. „Aber die Praktiker in den Walzwerken glaubten bisher nicht, dass die Simulation die Wirklichkeit tatsächlich adäquat abbildet. Hier an der TU Clausthal hatte ich zum ersten Mal die ideale Konfiguration aus einem Hochleistungsrechner und einem realen Netz, mit der ich überprüfen konnte, ob meine simulierten Schutzschalter sich so verhalten wie die echten“, berichtet Ernesto Torres Breffe. Mit dem Ergebnis dieses Testes ist er sehr zufrieden; die Simulation trifft die Realität.

„Herr Torres ist ein hoch engagierter Wissenschaftler. Es war eine Freude, ihn hier zu haben. Wir freuen uns über den gewonnenen Kontakt, und dass die Zeit für ihn hier nützlich war“, sagt Dr. Dirk Turschner vom Institut für Elektrische Energietechnik. ■

## Während allerorten nur noch Geld gezählt wird, denken die Mathematiker nach ...

### Berühmter Mathematiker hielt Vortrag an der TU Clausthal

*Er gehört zu den bedeutendsten, lebenden Mathematikern und trug am Donnerstag, dem 23. Oktober im Kolloquium des Mathematischen Instituts der TU Clausthal vor – Professor Dr. h. c. mult. Israel Gohberg; über 460 mathematische Arbeiten veröffentlichte er bis heute. Professor Gohberg hielt seinen Vortrag auf Einladung von Professor Dr. Michael Demuth. In der von Israel Gohberg herausgegebenen Reihe zur Operatortheorie gibt Michael Demuth eine Unterserie heraus.*

Geboren 1928 in Kirgisien, entstammt Israel Gohberg einer jüdischen Familie. Der latente Antisemitismus der Sowjetunion behinderte die Entfaltung seiner großen Begabung bis Ende der 60er Jahre nicht. Israel Gohberg promovierte in Leningrad und konnte sich in an der Universität von Moskau habilitieren. Er unterrichtete zunächst an einer Lehrerfortbildungsstätte in Moldawien, im Jahr 1964 wurde er in die Akademie der Wissenschaften Moldawiens aufgenommen und zum Professor für Mathematik an der Universität von Kishinyow, der moldauischen Hauptstadt, ernannt. Ende der 60er bis Mitte der 80er Jahre waren in der sowjetischen Akademie der Wissenschaften keine Juden zugelassen, und so entschloß er sich 1969 zur Emigration nach Israel. 1974 durfte er ausreisen, er erhielt sofort eine Professur an der Universität von Tel Aviv und wurde in das Weizman Institut in Rehovot aufgenommen. Fortan lag ihm die akademische Welt des freien Westens zu Füßen. 1983 konnten ihn die Niederlande bewegen, eine Professur an der Freien Universität in Amsterdam anzutreten, viele Male nahm er Gastprofessuren wahr, unter anderem in Kanada und den USA.



Prof. Dr. Gohberg bei der Verleihung der Ehrendoktorwürde an der TU Wien

Mit zehn Veröffentlichungen pro Jahr und etwa 40 Doktorarbeiten, die er betreute, übte er in seinem Feld, der Operatortheorie, einen immensen Einfluss aus. Überall, wo er in der mathematischen Welt hinkam, zog er die Menschen durch seine charismatische und inspirierende Art in seinen Bann. Es wird ihm ein untrüglicher Instinkt nachgesagt zu erkennen, welche mathematische Aufgabenstellung fruchtbar und erfolgversprechend sein kann, und er hatte das Talent und den Durchhaltewillen, dafür zu sorgen, dass die - in einem genialen Moment geborenen - Ideen auch klar und deutlich dargelegt und publiziert wurden.

Die Alexander von Humboldt-Stiftung zeichnete ihn 1992 mit ihrem Forschungspreis aus. Die Technische Universität Darmstadt verlieh Israel Gohberg 1997 die Ehrendoktorwürde, die Technische Universität Wien bezeugte ihre Hochachtung gleichfalls mit der Verleihung der Ehrendoktorwürde (2001). ■



## Die TU Clausthal präsentiert ihre Kompetenz im Bereich Erdöl-/Erdgas

*60 Gäste aus der Industrie nutzten die Chance zum Dialog*

*Freitag, den 6. Februar hatte das Institut für Erdöl- und Erdgastechnik (ITE) zu einem Tag der offenen Tür Vertreter der Erdöl-/Erdgasindustrie, der Ämter, Behörden und benachbarter Industrie eingeladen, um über die Kapazitäten der TU Clausthal im Bereich Erdöl und Erdgas zu informieren. In zwei Vortragsreihen mit Diskussion und bei der Besichtigung von Technikumsanlagen und den Forschungslaboren zeigten die Institute für Erdöl- und Erdgastechnik, Geologie und Paläontologie, Geophysik sowie Aufbereitung und Deponietechnik Schwerpunkte ihrer Forschungstätigkeit im Bereich Erdöl und Erdgas und demonstrierten der Industrie Kooperationsmöglichkeiten.*

In seiner Begrüßungsrede ging der Präsident der TU Clausthal, Prof. Dr. Schaumann, auf die schwerwiegenden Sparauflagen des Landes ein und skizzierte, wie die TU trotz knapper Kassen in die Zukunft investiert. Der deutschlandweit in seiner Form einzigartige Bereich Petroleum soll gestärkt werden; so wird zum Wintersemester ein neuer international ausgerichteter Bachelor-/ Masterstudiengang angeboten, der durch Internationalität, hohe Qualität und Praxisnähe an die veränderten Anforderungen der Industrie angepasst ist.

Der neue Leiter der Abteilung Erdöl-/Erdgasgewinnung und Erdgasversorgung (EGV), Dr. Reinicke eröffnete die Vorträge der Session „Bohr-/Produktionstechnik und Geologische Modellierung“. Er erläuterte die zukünftige Fokussierung der Abteilung auf vier Schwerpunktgebiete (Bohrtechnik, Bohrlochintegrität, Trägerschädigung und Stimulation, sowie Leitungshydraulik und Wärmetransport) und gab einen Überblick über das Kooperationsnetzwerk aus Hochschulinstituten und externen Institutionen in dessen Rahmen das Institut Ansprechpartner für die Erdöl-/Erdgasindustrie ist. Über 25 Posterbeiträge der Kooperationspartner gaben einen guten Überblick über die aktuelle Forschung und das Dienstleistungspotenzial des Netzwerkes und dokumentierten seine Leistungsfähigkeit.

Die Fachvorträge der Vormittagssession von den Referenten Dr. Hou, Dr. Teodoriu, Dr. Reinicke, Dipl. Ingenieur Pisarski und Prof. Blendinger behandelten Probleme beim Niederbringen von Erdöl-/Erdgasbohrungen und ihre Vermeidung, Maßnahmen zur Produktionssteigerung von Bohrungen durch Stimulation, Probleme in alten Bohrungen und ihre Beherrschung, Optimierungen der Transportnetze von Erdgasversorgern und die räumliche Modellierung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten. Im Anschluss ►

### Mit Sicherheit: Erdgas und Erdöl aus Niedersachsen



**Hohe Sicherheitsstandards**



**Umweltbewußte Verarbeitung**



**Heimische Förderung**



**Sicheres Erdöl**



**Bedarfsgerechte Speicherung**

**ExxonMobil**  
*Production*

Riethorst 12 · 30659 Hannover · Tel. 05 11/641-0



Eine herausragende Besonderheit der apparativen Ausstattung des ITE sind Großgeräte, mit denen die Verhältnisse in mehrere tausend Meter tiefen Bohrungen simuliert werden können.

an die Vorträge erfolgte eine Besichtigung der Versuchsanlagen der Abteilung EGV am ITE. Eine herausragende Besonderheit der apparativen Ausstattung des ITE sind Großgeräte, mit denen die Verhältnisse in mehrere tausend Meter tiefen Bohrungen simuliert werden können. In den Versuchsständen werden zahlreiche Untersuchungen für die Praxis vorgenommen, wie umfangreiche Industrieaufträge zeigen.

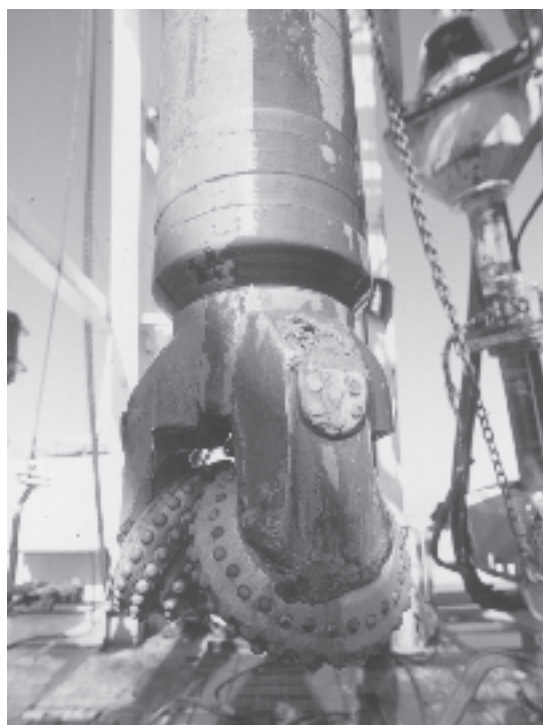
In der Nachmittagssession wurde das Thema „Reservoir Charakterisierung“ auf der Basis von Bohrkernanalysen von Prof. Pusch als Leiter der Abteilung Lagerstättentechnik am ITE in den Mittelpunkt gestellt. Beiträge der Referenten Prof. Weller, Prof. Blendinger, Dr. Meyn und Dr. Reitenbach behandelten die Möglichkeiten, Daten zur Lagerstättencharakterisierung aus Bohrkernen und Bohrlochmessungen aber auch zur Prozessbeschreibung abzuleiten, um mit Hilfe mathematischer Modelle die Prognosen für eine wirtschaftliche und nachhaltige Gewinnung von Erdöl- und Erdgas erstellen zu können. Bei einem Laborrundgang durch das Gesteinstomographie- und Computerlabor wurden die vorhandene Ausrüstung und Erfahrung demonstriert.

Das ITE ist mit den beiden Abteilungen Zentrum anwendungsbezogener Forschung auf dem Gebiet der Erdöl- und Erdgastechnik. Seine Forschung und Entwicklung ist darauf ausgerichtet, die Erdöl- und Erdgasindustrie bei der Lösung ihrer Probleme zu unterstützen und innovative Technologien bereit zu stellen, die eine nachhaltige Entwicklung ermöglichen. ■

## KCA DEUTAG

### Unsere Dienstleistungen:

- Landbohrungen und Aufwältigungen
- Offshore-Plattform-Bohrungen
- Drilling and Well Engineering
- Drilling Facility Engineering
- Design and Construction
- Slickline Services and Well Intervention
- Integrated Project Management



KCA DEUTAG, ein Unternehmen der Abbot-Gruppe, ist seit mehr als 100 Jahren weltweit im Bohrgeschäft tätig: in Wüsten, tropischen Regenwäldern, in der Arktis, der unwirtlichen Nordsee und in den Höhenlagen der Alpen.

Vom Standort Bad Bentheim aus wird weltweit das Geschäft mit Landbohranlagen betreut. Von Aberdeen, Schottland, aus werden die Offshore-Aktivitäten gesteuert.

### KCA DEUTAG Drilling GmbH

Deilmannstrasse 1, 48455 Bad Bentheim, Germany  
Tel.: +49 (0)5922 72 0, Fax: +49 (0)5922 72 105

[www.kcadeutag.com](http://www.kcadeutag.com)



We are specialists for

**bentec**  
DRILLING & OILFIELD SYSTEMS

- Design / Fabrication of Drilling and Workover Rigs
- API licensed Repair and Upgrade
- Immediate Service - Worldwide
- Engineering and Support
- Quality Management
- Mechanical Systems
- Electrical Systems

[www.bentec.com](http://www.bentec.com)

## MBA-Studium an der GISMA Business School

*Nikolaus Pelka, Dekan der GISMA Business School in Hannover, sprach im Dezember über das an der GISMA (German School of Management and Administration) angebotene MBA-Studium auf dem Haus des Corps Montania.*

Pelka war viele Jahre als ehrenamtlicher Mitarbeiter der Austauschorganisation YFU (Youth For Understanding) für Jugendliche tätig, absolvierte das Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Köln und ergänzte dieses mit einem Management-Studium an der Purdue University, einer der bekanntesten Management-Universitäten in Amerika.

An der GISMA, an welcher Nikolaus Pelka seit seines Management-Studiums tätig ist, erweitern Wirtschaftswissenschaftler, Ingenieure, Geisteswissenschaftler und Juristen aus aller Welt ihre beruflichen Kenntnisse. Ziel eines MBA (Master of Business Administration)-Studiums ist es, Manager für die zunehmend international geprägte und sich schnell wandelnde Wirtschaft auszubilden. Auf dem Stundenplan stehen u.a. Fächer wie Entscheidungstheorie und Finanzlehre oder das optimale Zusammenspiel verschiedener Abteilungen eines Unternehmens. Die Ausbildung soll vor allem praktische Management-Fertigkeiten vermitteln, welche z.B. in den Richtungen Unternehmensberatung, Investment Banking und Marketing eingesetzt werden können.

Dem Vortrag schloss sich eine intensive Diskussion an, einer der anwesenden Clausthaler Studenten zog ein späteres MBA-Studium im Anschluss an seine Clausthaler Ausbildung in Erwägung; die Montanengespräche sind ein weiteres gutes Forum, mit Fachleuten aus der Welt außerhalb des Uni-Campus ins Gespräch zu kommen. ■

# Jan Hardeland ist niedersächsischer Landessieger!

*Jan Hardeland, der im Institut für Mechanische Verfahrenstechnik eine Lehre als Maschinenbaumechaniker bei Wilhelm Lenk absolvierte, ist nun mit seinem Gesellenstück, einem Kurbeltrieb, im praktischen Leistungswettbewerb der Handwerksjugend in seinem Bereich niedersächsischer Landessieger geworden. Am 28. Oktober wurde er durch den niedersächsischen Ministerpräsidenten Christian Wulff in Osnabrück gemeinsam mit den weiteren Preisträgern der niedersächsischen Handwerksjugend ausgezeichnet.*

Das Gesellenstück wird für die Prüfung hinsichtlich fachgerechter Montage, der Maßhaltigkeit, der Oberflächengüte und dem korrekten Verschrauben und Verstiften beurteilt. Hardeland setzte sich gegenüber mehreren hundert Bewerbern mit seiner Arbeit durch.

14 Maschinenbaumechaniker bildete Wilhelm Lenk seit 1977 aus; bereits fünf Mal konnte er seine Lehrlinge zu einer Auszeichnung führen, drei Kammermeister und zwei 2. Landessieger profitierten von seinem Wissen. Jan Hardeland ist jetzt bei der Firma Sincotec TU Clausthal-Zellerfeld beschäftigt. ■



Jan Hardeland und Christian Wulff

# Neue Wege im Verschleißschutz

## *Arbeitskreis tagte an der TU Clausthal*

*Auf Einladung der Institute für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik, Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren und dem Zentrum für Funktionswerkstoffe tagte der Arbeitskreis „Verschleiß in der Kunststoffverarbeitung“ am 28. Oktober in der Aula der Universität. Dem Arbeitskreis gehören Fachleute der Kunststoffindustrie an, ausgerichtet wird die Veranstaltung von dem in Darmstadt ansässigen Deutschen Kunststoff-Institut (DKI), einem Zusammenschluss kunststoffverarbeitender Unternehmen.*

Die Clausthaler Wissenschaftler boten den 45 Ingenieuren aus der Praxis ein Forum, um Probleme in einer vorwettbewerblichen Atmosphäre zu besprechen, Wissen auszutauschen und gegebenenfalls gemeinsame Forschungsvorhaben auf den Weg zu bringen.

Kunststoffe werden in flüssiger bis fester Form in so genannten Extrudern „durchgeknetet“ und über ein Schneckengewinde bis zu einer Öffnung transportiert. Die eingesetzten Füllstoffe, die dienen der Modifikation der Werkstoffeigenschaften, wirken oft abrasiv. Scharfkantige, harte Partikel führen zu Materialausbrüchen an den Stegen der Schneckengewinde. Ebenfalls können Flammenschutzmittel, die den Kunststoffen beigesetzt werden, bei Hitzeentwicklung, um 200 Grad Celsius, zur Bildung aggressiver Säuren führen, die die Metallgestänge angreifen. Die aktuelle Forschung, über die von Clausthaler Seite Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling und Prof. Dr.-Ing. Volkmann Neubert sowie Dr. M. Rudschuk und Dipl.-Ing. Hartig vom DKI berichteten, sucht zum einen nach Werkstoffen, die den Bedingungen besser standhalten, so zum Beispiel wird der Einsatz von Keramiken statt Metallen derzeit geprüft, und zum anderen sucht die Forschung nach Stoffen, welche die abschmirgelnden Bestandteile in den Formmassen so einhüllen, dass sie die Schneckengewinde weniger beanspruchen. Den Vorträgen und Diskussionen schlossen sich Institutsbesichtigungen an. Es war das erste Mal, das der Arbeitskreis an der TU Clausthal tagte. Die Kontakte sollen zukünftig intensiviert werden. ■



## Neue Stiftung an der TU Clausthal - die Wolfgang-Helms-Stiftung -

Von Walter Knissel\*

Die Mutter des verstorbenen Professors Dr.-Ing. habil. Wolfgang Helms hat verfügt, dass ihr Familienvermögen zur Erinnerung an ihren Sohn in eine Stiftung eingebracht werden soll. Diese Wolfgang-Helms-Stiftung wurde im Juli 2001 gegründet. Das Anfangsvermögen beläuft sich mittlerweile auf 155.400 Euro.

Der Zweck der Stiftung wurde in der Stiftungssatzung breiter als üblich gefasst. Mit den Zinserträgen sollen jährlich folgende Ziele verfolgt werden:

1. Die Verleihung des Wolfgang-Helms-Preises,
2. die Unterstützung wissenschaftlicher Projekte,
3. die Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Hochschulen und
4. die materielle Unterstützung von Forschung und Lehrtätigkeit

jeweils auf den Gebieten des Bergbaus und der Geowissenschaften.

So konnte schon im Jahre 2003 neben dem Wolfgang-Helms-Preis auch ein Zuschuss zu einem Workshop an der Hochschule in Windhoek im Rahmen einer Bergbauexkursion nach Namibia und Südafrika gewährt werden. Der Workshop hatte zum Ziel, Möglichkeiten und Probleme eines zukünftigen Bergbaustudiums am Polytechnikum von Namibia zu erörtern und die Zusammenarbeit zu vertiefen.

Der Wolfgang-Helms-Preis wurde in 2003 Herrn Dipl.-Ing. Christian Mues verliehen für seine ausgezeichnete Diplomarbeit über Abbauprozesse und Abbautechnik zur Gewinnung mächtiger Steinkohlenflöze im Tiefbau, insbesondere in Slowenien und China. Herr Mues, der auch „mit Auszeichnung“ sein Diplomexamen abgelegt hat und heute wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Bergbau ist, hat ein Bergwerk in Slowenien und drei Bergwerke in China besucht und analysiert. Er kommt auch nach einem umfassenden theoretischen weltweiten Vergleich zu einem Vorschlag, wie die Ausnutzung der Lagerstätten, die Wirtschaftlichkeit und die Sicherheit verbessert werden können. Das Ergebnis ist deshalb so wichtig, weil in den Ländern China, Indien, Südafrika, Australien und Russland große Kohlenvorräte in Form mächtiger Flöze vorkommen.

Die Ausschreibung der Wolfgang-Helms-Stiftung erfolgt im März eines jeden Jahres. Über eine rege Beteiligung würde sich das Kuratorium der Stiftung sehr freuen. ■

---

\*Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. h. c. Walter Knissel hatte von 1974-2003 den Lehrstuhl für Bergbauliche Verfahrens- und Betriebslehre inne.

**Your best way to make  
the most of every well.**

**HALLIBURTON**

DON'T LOSE THIS ADDRESS  
IT'S WORTH LOSING A  
MILLION DOLLARS

29227 Celle - Hans-Heinrich-Warnek-Straße 12  
Phone: 051 41/999 0 • Fax: 051 41/999 168

# Guter Start in das Jahr 2004 am Institut für Bergbau

Das Institut für Bergbau startete in das Jahr 2004 mit zwei erfolgreichen Veranstaltungen, dem Kolloquium „Fördertechnik im Bergbau“ im Januar und dem Lehrgang für Fach- und Führungskräfte in der mineralischen Rohstoffindustrie 2004 im März.

Das Kolloquium wurde in diesem Jahr zum ersten Mal von der Abteilung Maschinelle Betriebsmittel in Bergbau und Geotechnik durchgeführt. Die hohe Beteiligung mit 240 anwesenden Fachleuten aus der Industrie, von Hochschulen, Behörden und Forschungseinrichtungen zeigte, dass der Bedarf an einem derartigen Kolloquium durchaus vorhanden ist. Eine Bestätigung fand die Veranstaltung auch anhand der vielen positiven Rückmeldungen der Teilnehmer.



Neunzehn Referenten sprachen über aktuelle Themen aus den Bereichen Schachtfördertechnik, Bandförderanlagen, Planung, Automatisierung und Instandhaltung. So berichtete u.a. die Deilmann Haniel GmbH und Metso Minerals GmbH über den Einbau eines Vertikalförderbandes auf einem amerikanischen Bergwerk. Die Deutsche Steinkohle AG steuerte drei Vorträge bei, die sich mit der Kapazitätssteigerung eines Hauptförderschachtes, dem Bau einer neuen Förderverbindung und der Optimierung von Massengut-Infrastruktursystemen beschäftigten. Die Universitäten Clausthal, Aachen, Hannover und Krakau beteiligten sich u.a. mit Vorträgen zur Auslegung von Seiltrommeln, dem Einsatz der Transpondertechnik in Fördergurten, dem Computer Aided Engineering und der Anlaufberechnung von Gurtförderanlagen. Neben den Vortragenden aus Deutschland waren auch Referenten aus Österreich, Polen und den USA angereist.

Im Rahmen einer begleitenden Ausstellung hatten zudem einschlägige Unternehmen und Verlage die Möglichkeit, sich in ihren Arbeitsgebieten und mit ihren Produkten zu präsentieren. Es ergaben sich auch dadurch viele Gelegenheiten zum Erfahrungsaustausch und zum Anknüpfen neuer Kontakte.

Im Rahmen des Wissensmanagement für die Industrie veranstaltete der Lehrstuhl für Tagebau und Internationaler Bergbau auch in diesem Jahr einen Lehrgang für Fach- und Führungskräfte in der mineralischen Rohstoffindustrie. Es wurden rohstoffbezogene und praxisorientierte Fachkenntnisse

der Rohstoffgewinnung im Tagebau und der Aufbereitungstechnik sowie der Herstellung von Baurohstoffen in kompakter und intensiver Form vermittelt. Die positive Resonanz der bisherigen Veranstaltungen, vor allem die Gespräche mit den Kursteilnehmern und die im Anschluss geführten Dialoge mit der Industrie und den Fachverbänden zeigen einen hohen Bedarf an einem Weiterbildungsstudiengang mit dem Schwerpunkt „Rohstoffversorgungstechnik“, der daher bereits in diesem Jahr angeboten werden soll. Unter Berücksichtigung der Beschäftigungsverhältnisse der angesprochenen Klientel wird der Weiterbildungsstudiengang durch eine sinnvolle Kombination von Fern- und Präsenzstudium die Kontinuität in der Wahrnehmung der industriellen Tätigkeiten ermöglichen.

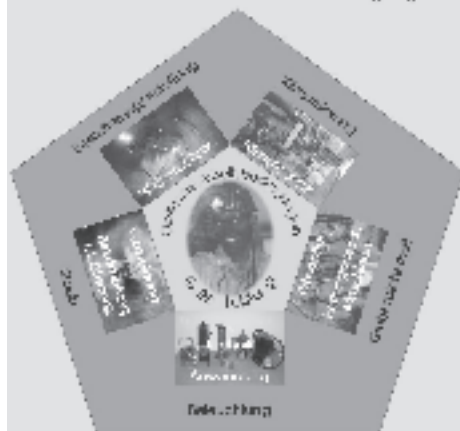
Diese Veranstaltungen waren der Auftakt für die noch in diesem Jahr geplanten Veranstaltungen am Institut für Bergbau. Im Mai wird ein Weiterbildungskurs „Bewetterung und Klimatisierung“ in Zusammenarbeit mit dem Institut für Bergbau der TU Bergakademie Freiberg durchgeführt. In dieser Weiterbildungswoche werden Themen aus den Bereichen der Belüftung und Klimatisierung unterirdischer Hohlräume angesprochen.

Im dritten Jahr in Folge veranstaltet der Lehrstuhl für Tagebau und Internationaler Bergbau den Clausthaler Kongress für Bergbau und Rohstoffe „MINING 2004“. Es werden dabei Vorträge zu den Themen Rohstoffgewinnung im erweiterten Europa, Technische und wirtschaftliche Aspekte der untertägigen Gewinnung von Steine und Erden sowie nachhaltige Landschaftsgestaltung im Tagebau angeboten. ▶



## "Klimatisierung und Ergonomie in untertägigen Hohlräumen"

Ein Kolloquium im Fachunterricht:  
Berg-, Tunn- und Hohlraumbau, für Nieder- und  
Hochbauingenieure, Kollaboranten und Studierende



10.- 11. November 2004

**Voraussetzungen:**  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Uwe Lenzsch  
Institut für Baugruppen - Teilbereich Umwelt und Qualität  
Abt. für Baugruppen & Bauteilentwicklung, a. Bismarckstr. 2, D-38100 Lüneburg

Diese neue Kolloquiumbeschäftigungsmöglichkeit, Kinnführung und -begleitung, in der Gruppenform, in einem besonderen Rahmen, in dem "Garten der Vielfalt" und "Kunstwerk", "Gartenwerkstatt", "Kunstwerkstatt" und "Kunstwerkstatt" (Kunstwerkstatt) stattfinden, ist eine Auszeichnung, die die Teilnehmer die Möglichkeit gibt, sich zu betätigen und die eigene Schöpferkraft zu entwickeln. Die Teilnehmer sind in der Lage, sich zu betätigen und die eigene Schöpferkraft zu entwickeln.

www.hogrefe.com; doi:10.1037/a0012921

**Ansprechpartner**  
Dipl.-Ing. Ron Alexander Böker Tel.: 05223-72 23 10  
Ingrid von Bühren, E-Zelle 20 Fax: 05223-72 23 77  
35678 Clever, Zelle 20 E-Mail: rbo@schunk.de

Im Herbst folgt dann noch ein weiteres neues Kolloquium zum Thema „Klimatisierung und Ergonomie in untertägigen Hohlräumen“. Diese Veranstaltung befasst sich mit der Ergonomie am untertägigen Arbeitsplatz mit dem Themenschwerpunkt Klimatisierung. Weitere Themenbereiche werden die Grubensicherheit, Beleuchtung, Staubbekämpfung sowie Bewetterung/Belüftung sein.

Noch einen Ausblick für das kommende Jahr: Vom 28. bis 29. Januar 2005 wird das 14. Sprengtechnische Kolloquium vom Institut für Bergbau veranstaltet. Es ist zugleich ein Festkolloquium für den emeritierten Prof. Dr. Dr. h. c. W. Knissel. Als Festredner ist Herr em. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. G. Fettweis eingeladen. ■

# „Das große Ohr nach Osten“ – vom Fall eines Wahrzeichens des Kalten Krieges

von Thomas Gundermann\*

In jüngerer Zeit hat der regionalgeschichtlich Interessierte erfreulich oft die Möglichkeit, anspruchsvolle, ästhetisch und inhaltlich hervorragende Medien zu erwerben, die sich mit Aspekten der Oberharzer Geschichte in Vergangenheit und Gegenwart auseinandersetzen. Genannt seien etwa das Buch von Lutz Markworth mit Fotos aus der „Clausthaler Unterwelt“ oder der jüngst erschienene Bergbaukalender 2004 von Hendrik Schläper und Martin Wiese. Vom Anspruch her in die gleiche Richtung gehen zwei neue Video-Produktionen, die Stefan Zimmer, Abteilung Multimedia am Rechenzentrum der TU Clausthal, der Öffentlichkeit vorstellt: „Das große Ohr nach Osten“, finanziell großzügig unterstützt durch das Baumanagement Harz, beleuchtet in 45 Minuten die Geschichte und das Ende des Schalketurms der französischen Streitkräfte, der neunzehnminütige Film „Die Freiburger in Clausthal“ zeigt den Auftritt der Historischen Freiburger Berg- und Hüttenparade anlässlich des Clausthaler Berg- und Hochschulfestes 2002.

Beide Filme haben äußerlich den Charakter von Reportagen. Der eigentliche Wert der Produktionen reicht aber weiter: In der unverwechselbaren Handschrift Zimmers, der als Kameramann reiche Erfahrung bei diversen Sendeanstalten sammelte, wird die Reportage als Medium eingesetzt, um Impressionen zu erzeugen, die die je tiefer liegende Bedeutung des Sachzusammenhangs erschließen. ▶

---

\*Der Autor ist Lehrer für Geschichte, Sozialkunde und Katholische Religionslehre am örtlichen Gymnasium, der Robert-Koch-Schule.



**Eine Aufnahme aus den letzten Tagen des Horchpostens; jetzt hat die Schalke eine „Glatze“; die Natur erobert den Platz zurück.  
Foto: Stefan Zimmer.**

„Das große Ohr nach Osten“ transportiert selbstverständlich eine große Menge Informationen über die Funktion des Turms, die konkrete Arbeit der dort stationierten Soldaten und nicht zuletzt den Abriss und die Sprengung dieses prägenden Bauwerks. Wichtiger ist aber, dass dem Betrachter die ganze Irrationalität, auch die Unheimlichkeit und Unberechenbarkeit des Kalten Krieges bewusst wird, eine Epoche, wo nüchterne Technologie und emotionsloses Kalkül sich paaren mit der Möglichkeit des Undenkbaren, nämlich der vollständigen Zerstörung von Staaten und Machtblöcken. Die abstruse Situation fängt Zimmer durch grelle Schnitte ein: da werden wunderbare, gleichzeitig melancholische Naturaufnahmen aus dem Bereich der Schalke mit den unwirklich erscheinenden, nach Stilllegung auch immer trostloser wirkenden Einrichtungen auf dem Berg kommentarlos kombiniert, die eingeblendeten Beiträge von Fachleuten der Forst, dem Militär und der Abrissfirma verdichten den kollagehaften Eindruck, der den Betrachter zu eigener Überlegung zwingt und ihn das täglich Gesehene neu verstehen lässt.

Der Knall, mit dem in der abschließenden Sprengung der Turm zusammenfällt, ist nur scheinbar ein versöhnliches Ende: der Turm als Symbol für eine zwar aktuell überwundene Form der Auseinandersetzung zwischen Staaten ist eben auch zeitloses Symbol für den Irrsinn von Kriegen, heißen wie kalten.

Demgegenüber zeigt der kürzere Film über die Historische Freiburger Bergparade tatsächlich viel Harmonisches: die am Berg- und Hochschulfest 2002 beteiligten Gäste der Partnerstadt Clausthal-Zellerfelds erläutern nicht nur die Uniformen, die Struktur und die Geschichte der bis 1719 nachweisbaren Parade - sie zeigen auch einen unübersehbaren Stolz auf das technische und kulturelle Erbe der „sächsischen Berghauptstadt“. Dieser hat sich, so ist den Aussagen der von Zimmer befragten Gesprächspartnern zu entnehmen, offensichtlich nicht nur durch die Jahrhunderte und nicht nur durch die Zeit der DDR, sondern bis heute stabil erhalten: der große Rückhalt, den die Bergparade in der Freiburger Öffentlichkeit genießt, spricht Bände. Es ist gewiss nicht konstruiert, dass dieser hohe Grad an Identifikation Freiberg durch die Wendestürme und durch die schwierigen Jahre nach 1989 als Kraftquelle begleitet hat. Angriffe auf die Stadt und die Bergakademie konnten jedenfalls erfolgreich abgewehrt werden – da kann der Oberharz einiges lernen. Typisch ist für Freiberg, dass Stadt und Bergakademie eine Einheit bilden: die mit den zwei Filmen Zimmers beginnende TU-Videoedition ist ein richtiger Schritt, diese Einheit auch hier zu fördern. Die TU als Einrichtung, die sich neben ihrer wissenschaftlichen Arbeit hinaus mit Stadt und Region auseinandersetzt, erinnert sich an ihre Wurzeln und damit an ihre unverwechselbaren Ursprünge und ihr unverwechselbares Profil. Arbeiten wie die von Zimmer helfen die Distanz zwischen Uni und dem „Rest“ zu schließen – die Folge wird hoffentlich eine vertiefte Wahrnehmung der Uni und damit eine verbreiterte „Stadtbasis“ sein. Und das kann, gerade jetzt, nur gut sein.



Kameramann Stefan Zimmer (li.) mit seinem Tonmann, Benedikt Bernhardt auf dem 64-m hohen Turm. Foto: Tobias Schäfer.

Das Multimedia-Team der Universität, angesiedelt am Rechenzentrum unter Leitung von Dipl.-Inf. Hans Ulrich Kiel, betreut den Multimedia-Hörsaal auf der Tannenhöhe, in welchem Vorlesungen aus Clausthal an andere Hochschulen übertragen und live empfangen werden können, wobei die Gäste der jeweils anderen Seite aktiv eingebunden werden. Einige dieser Vorlesungen werden auch dauerhaft auf dem Videosever gespeichert. Das Team realisiert Filme zu Forschung und Lehre und dokumentiert Kongresse, u.a. auf DVD oder als Streaming Video im Internet.

Eine Übersicht: <http://www.rz.tu-clausthal.de/multimedia/index.shtml>

## Mikrofossilien und Minerale des Harzes unter dem Mikroskop

*Die Geosammlung der TU Clausthal hat eine neue Attraktion: An einem drehbaren Tisch kann der Besucher sich neun allgemein interessierende Mikrofossilien sowie neun Mineralien des Harzes unter einem Mikroskop anschauen. Was mit dem bloßen Auge oft nur den Bruchteil einer Fingernagelkuppe groß ist, zeigt so seinen Detailreichtum. Einschlüsse in Mineralien oder Aufwachsungen anderer Minerale werden sichtbar, ein Kiesel-schwamm aus dem Erdmittelalter (Kreide) zeigt seine fein verwachsene Struktur.*

Der Pyrargyritkristall, das bekannte Silbermineral aus St. Andreasberg, schimmert rötlich. Aufgewachsen ist es auf dem weißen lichten Quarzkristall, dessen wie ein Mikadospiel hingeworfene Nadeln den Untergrund bilden.

Die Malachit- und Azurit-Kristallnadeln aus der Grube Glücksrad bei Schlenberg wachsen auf Quarzkristallen und neigen ihre Achsen, als sei ein Wind über sie gegangen. Sie entstehen bei Verwitterungsprozessen und sind bei Mineralienliebhabern heiß begehrt.

Ein weiteres Mineral, der rote Glaskopf aus der Knollengrube bei Bad Lauterberg, zeigt erst unter dem Mikroskop deutlich, wofür er seinen Namen bekommen hat. Die Kristallaggregate sind halbkugelförmig zusammengewachsen.

Der Otolith ist das fossile Zeugnis des Gleichgewichtssinnes eines Fisches, der im Miozän (23 Mio. bis 5 Mio. Jahre vor heute) lebte. Die auf den ersten Blick unscheinbaren Funde sind von hohem Wert: Heutige Meeresbiologen können an den Wachstumsjahresringen eines Otolithen die Wassertemperaturen der Ozeane, in denen die Fische sich aufhielten, und die Wanderbewegungen der Schwärme ablesen; Paläontologen helfen u. a. solche Funde das urzeitliche Klima zu rekonstruieren. Fossilien, als Mineralisationen oder Steinkerne gewissermaßen der Schatten der Skelette längst verwesener Tiere, sind darüber hinaus, neben ihrem Aussagewert zur Klärung ►



grundlegender evolutionsbiologischer Fragen, oft auch von ganz praktischem Wert, beispielsweise für die Erdölindustrie. Falls eine Art, in geologischen Zeiträumen betrachtet, nur relativ kurz lebte, aber räumlich weit verbreitet war, kann sie als Leitfossil dienen. Mit ihm wird einer Gesteinschicht ein Zeithorizont (erdöhlhöffig oder nicht?) zugeordnet.

Der neue Mikroskopiertisch lädt die Besucher ein, in diese Welt einzutauchen.

Geosammlung der TU Clausthal

Adolph-Roemer-Straße 2A,  
38678 Clausthal-Zellerfeld

Öffnungszeiten:

Dienstag bis Freitag: 9.30 - 12.30 und 14.00 - 17.00 Uhr

Samstag: 14.00 - 17.00 Uhr

Sonntag: 10.00 - 13.00 Uhr

Montags und an gesetzlichen Feiertagen geschlossen

Führungen nach Absprache



# ZUM 90. GEBURTSTAG VON PROFESSOR CLEMENT

## Flotation, Flockung, Entwässerung feinkörniger Erze

Professor Dr. Ing. Martin Clement vollendete am 16. Februar 2004 sein 90. Lebensjahr. Geboren wurde er in Stuttgart, legte am dortigen Karls-Gymnasium die Reifeprüfung ab und begann 1932 an der Universität Tübingen das Studium der Naturwissenschaften. Nach der praktischen Tätigkeit als Bergbaubeflissener in verschiedenen Gebieten des Erz- und Kohlebergbaus nahm er 1934 das Studium an den Fakultäten für Bergbau der Technischen Hochschulen Aachen und Berlin-Charlottenburg auf. Unterbrochen wurden die Studien in den Jahren 1935 bis 1937 durch den Wehrdienst in einem Artillerieregiment. Im Jahre 1939 schloss Martin Clement sein Studium an der Technischen Hochschule Aachen mit dem Diplom-Examen ab.

Nach Kriegsausbruch und Einsatz an verschiedenen Fronten folgte nach einer kurzen Ausbildung am Erzbergwerk Rammelsberg in Goslar eine Freistellung für den Einsatz im Bergbau und in den Aufbereitungsanlagen im Kupferbergwerk Bor in Serbien von 1942 bis 1944.

Das Kriegsende erlebte er als Oberleutnant und Batterieführer. Nach Entlassung aus amerikanischer Kriegsgefangenschaft nahm Clement zunächst eine Tätigkeit auf der Kohlenzeche Bruchstraße in Bochum-Langendreer auf. Aber noch im Jahre 1946 wurde er im Harzer Metallerzbergbau der Preussag im Erzbergwerk Bad Grund, später ab 1948 am Erzbergwerk Rammelsberg – hier in leitender Stellung – tätig. Im Rammelsberg war Clement maßgeblich an der Konzeptionierung, dem Bau und der erfolgreichen Inbetriebnahme der Aufbereitungsanlage für feinverwachsene Armerze (Bollrich) beteiligt. 1956 promovierte er bei Professor Dorstewitz über Bohrvorgänge beim schlagenden Gesteinsbohren vor allem in pyritischen Blei-Zink-Erzen.

Im Jahre 1962 erfolgte die Ernennung zum ordentlichen Professor und Direktor des Institutes für Aufbereitung an der damaligen Bergakademie Clausthal.

Die Schwerpunkte der Arbeiten am Institut legte er bei der Flotation, Flockung und Entwässerung sehr feinkörniger Erze und Industriemineralen. Weitere Aufgabengebiete bildeten die Zerkleinerung und Mahlung von Erzen und Gesteinen, besonders in Hinblick auf Verschleißverhalten und Energieverbrauch. Auf dem Gebiet der Hydrometallurgie wurden die Laugung kom-

plexer Erze und die Gewinnung ihrer Metallinhalte durch Fällung und Extraktion untersucht.

Die Arbeiten führten zu 36 Dissertationen. Über die Ergebnisse wurde in über 100 wissenschaftlichen Veröffentlichungen berichtet.

Die breiten naturwissenschaftlichen und technischen Erfahrungen von Professor Clement führten zu einem großen Verständnis für benachbarte Lehrgebiete und zu einer hervorragenden Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Disziplinen. Großen Wert legte er darauf, die Zusammenhänge zwischen den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Minerale, deren Vorkommen in der Lagerstätte und den Anforderungen der nachfolgenden Prozesse an die Aufbereitungsprodukte zu erkennen und daraus Aufbereitungsverfahren abzuleiten.

Seinem Werdegang entsprechend gestaltete er seine Lehre praxisorientiert und ergänzte sie durch den Einsatz namhafter Fachleute aus der Industrie als Lehrbeauftragte.

In seiner Zeit als Institutsdirektor wurde im Feldgrabengelände eine neue Versuchshalle mit zahlreichen Labor- und Werkstattträumen errichtet. Nach der Emeritierung 1981 arbeitete Professor Clement noch bei Professor Uetz, TU Stuttgart, an der Herausgabe des Fachbuches „Abrasion und Erosion“, Erscheinungsjahr 1986, mit.

Den Ruhestand verbrachte Herr Professor Clement lange Zeit am Bodensee, wo auch das kleine Buch „Tausend Jahre Metallerzbergbau in Mitteleuropa“ entstand. Schließlich zog es ihn wieder nach Stuttgart zurück.

Bis heute hält Professor Clement engen Kontakt zu seinen ehemaligen Studenten und Doktoranden, von denen er aufgrund seiner breiten Fachkenntnisse, seiner Integrität, Menschlichkeit und Fürsorge sehr geschätzt wird.

*Dr. Reinhard Reineking  
Dr. Klaus-Bernd Rieger*



# Von der Technomathematik zur Geoökologie

*PD Dr. Ralf Seppelt, Leiter der Abteilung „Angewandte Landschaftsökologie“ am UFZ in Leipzig*

*Mit der Aushändigung der Diplom- oder Doktorurkunde verliert sich – aus Sicht der Universität – die Spur vieler kluger Köpfe; wenn hier über einen solchen kurz berichtet werden soll, so sind wir uns der willkürlichen Auswahl bewusst. Ralf Seppelt, der 1994 nach seinem Studium der Technomathematik die TU Clausthal verließ, blieb durch seine Jurorentätigkeit für den niedersächsischen Landeswettbewerb „Jugend forscht“ im Blickfeld der Unipressstelle, deshalb wurde sein beachtlicher Werdegang bemerkt: Am 22. Januar 2004 schloss Dr. Ralf Seppelt sein Habilitationsverfahren an der TU Braunschweig im Fachgebiet der Geoökologie erfolgreich mit der öffentlichen Antrittsvorlesung ab.*

Die Geoökologie befasst sich mit der Interaktion physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse in Raum und Zeit. Zum 15. Februar trat PD Dr. Seppelt die Stelle des Leiters der Abteilung „Angewandte Landschaftsökologie“ am Umweltforschungszentrum in Leipzig (UFZ) mit Personalverantwortung für rund 20 Mitarbeiter an.

Aus seiner Lehr- und Forschungstätigkeit am Braunschweiger Institut für Geoökologie auf den Gebieten der Geographischen Informationssysteme, der Theoretischen Ökologie und der numerischen Simulation ging sein Fachbuch zur Beschreibung von Ökosystemen mittels numerischer Simulation hervor, das im vergangenen Jahr im Wiley-VCH Verlag in englischer Sprache („Computer-Based Environmental Management“) erschien. Das Buch behandelt drei große Themenfelder: Es gibt einen Überblick zur Modellbildung. Die Konzepte werden konkretisiert anhand von Fallstudien, beispielsweise zum Nährstofffluss in Agrarlandschaften oder zur Populationsdynamik von Insekten in einer Flussaue. Sodann stellt der Autor die verschiedenen mathematischen Werkzeuge vor, mit denen diese Prozesse

abgebildet werden können: gewöhnliche oder partielle Differentialgleichungen, Petri-Netz, um nur einige zu nennen. Auf die jeweilige zugehörige Software und die Integration verschiedener ökologischer Subsysteme, welche mit unterschiedlichen mathematischen Ansätzen modelliert werden, geht dieser Teil des Buches gleichfalls ein. Das Buch schließt mit einer Darstel-

lung der Methoden zum Umweltmanagement mittels Computersimulation (Szenario-Konzepte, Optimalsteuerungen).



Und dieses dritte Feld wird sein neues Arbeitsfeld am Umweltforschungszentrum sein; z.B. wird sich ein großes Forschungsvorhaben mit Stadtökologie befassen. Hintergrund der Fragestellung ist die Ost/Westwanderung großer Teile der ostdeutschen Bevölkerung und die überlagernde demographische Entwicklung, die den Prozess der Verödung ganzer Straßenzonen verstärkt – daher wird vielerorts in Ostdeutschland

intensiv über einen Rückbau der Städte nachgedacht, z.B. mit der Anlage innerstädtischer Grünanlagen. Wie diese geplant werden sollen, um ein Optimum an pflanzlichem Artenreichtum zu erzielen, wird eine der Fragen sein, mit denen sich die Arbeitsgruppe von PD Dr. Seppelt befassen wird. ■

# Erfolgreiche Tradition –

## 15. Lehrerfortbildung im Institut für Mathematik

*Seit 1997 lädt das Institut für Mathematik der TU Clausthal, einmal im Frühjahr und einmal im Herbst, zu einer Lehrerfortbildung ein, organisiert von Dr. Henning Behnke. Rund 40 Mathematiklehrerinnen und –lehrer kamen am 19. März zu einer Fortbildungsveranstaltung, bei der Frau Professor Dr. Huhn und Professor Dr. Sander ihre Forschungen zur Optimierung vorstellten.*

Jede Veranstaltung ist zweigeteilt. Während ein Part gedacht ist zur Integration in den Schulunterricht, richtet sich ein Ausblick ausschließlich an die Lehrer selbst. Die Mischung kommt an; der Zuspruch ist rege und erstreckt sich regional von Gifhorn im Norden und südlich bis nach Göttingen.

Optimierung ist eines der mathematischen Gebiete, das sich in den letzten Jahrzehnten rasant entwickelt hat. Dies hat einerseits mit den vielfältigen

Anwendungen (z. B. in den Wirtschaftswissenschaften), andererseits sicher auch mit den verbesserten Möglichkeiten der Computernutzung zu tun.

Die Fortbildungsveranstaltung befasste sich vor allem mit dem Teilgebiet der so genannten „ganzzzahligen Optimierung“, d.h. mit der Suche nach „optimalen“ Gitterpunkten in vorgegebenen konvexen Gebieten der Ebene, des dreidimensionalen Raumes oder auch höherdimensionaler Räume.

Dabei kamen neben motivierenden Anwendungsbeispielen Themen wie Polyedertheorie, Zuordnungsprobleme, das Handlungsreisendenproblem, Minkowskis Gitterpunkttheorie und Linearformensatz sowie Packungsprobleme zur Sprache. ■



# MIT EXPERIMENTEN IM KOFFER

## Im Jahr der Chemie auf Reisen

Von Georg Schwedt

Zur Förderung des Dialogs zwischen Wissenschaft und Gesellschaft wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Initiative Wissenschaft im Dialog (WiD) des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft sogenannte Wissenschaftsjahre organisiert. Nach dem Jahr der Physik (2000), der Lebenswissenschaft und Geowissenschaft war 2003 das „Jahr der Chemie“ – zugleich das 200. Geburtsjahr von Justus Liebig. Federführend bei der Organisation war die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). Die Organisatoren hatten sich zum Ziel gesetzt, „die Faszination und Bedeutung der Chemie (...) der breiten Öffentlichkeit besonders deutlich (zu) machen“.

Bereits im Jahre 2002 hatte ich, gefördert durch den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, die Stiftung Niedersachsen und den Fonds der Chemischen Industrie, zahlreiche Experimentalvorträge zu sehr unterschiedlichen Themen in Schlössern, Klöstern und Museen halten können (Tab. 1). Die überwiegend gute Akzeptanz und Resonanz veranlasste mich auch im Jahre der Chemie, meine Reisen durch ganz Deutschland auf Einladung von Schulen, Museen und örtlichen Veranstaltern zum Jahr der Chemie fortzusetzen (Tab. 2).

### Experimente aus dem Koffer – Konzept und Praxis

Die Themen der Vorträge (Tab. 1 und 2) wurden in vielen Fällen dem Ort thematisch angepasst. Die Kulturgeschichte spielte somit oft bei der Auswahl der Experimente eine wichtige Rolle. Um sich den Gegebenheiten der sehr unterschiedlichen Räumlichkeiten, von der ehemaligen Kellerküche im Schloss Rheinsberg, einem Foyer mit Treppe bzw. einem barocken Salon im Schloss Ludwigsburg, dem Ehrensaal im Deutschen Museum in München u.a. anpassen zu können, wurden die Experimente stets mit Hilfe einer flexiblen sehr kleinen Videokamera und eines Beamers auf eine Leinwand übertragen. Auf diese Weise konnten die Experimente in kleinen Gefäßen mit sehr geringen Substanzmengen durchgeführt werden. Auch Experimente mit Feuer/Flammen ließen sich sogar in den Salons auf feuerfesten Unter-

lagen realisieren – Rauchmelder jedoch mussten abgeschaltet oder abgedeckt werden. Für durchschnittlich 8 bis 10 Experimente zu einem Vortragsthema ließen sich alle benötigten Materialien in einem Koffer, einschließlich der Kamera und einer Lampe, unterbringen. **Bild 1** zeigt einen solchen Experimentierplatz im Ehrensaal des Deutschen Museums in München. Rollrand-/Schnappdeckelgläser wurden anstelle von Reagenzgläsern verwendet, die jeweils auf einen sogenannten Laborboy gestellt und beleuchtet wurden. Die Relation zwischen dem Experimentierplatz und dem Bild auf der Leinwand zeigt Bild 1.

Da stets mit sehr geringen Mengen experimentiert wurde, war auch die Entsorgung der Abfälle kein Problem. Sie wurden entweder in einer Kunststoffflasche gesammelt und im Institut in der TU Clausthal entsorgt oder konnten bei ausschließlicher Verwendung von z.B. Supermarktprodukten auch am Ort zurückgelassen werden. Besonders stark nachgefragt waren Vorträge zum Thema „Supermarktprodukte“ bzw. ganz allgemein „Alltagschemie“ – s. dazu den Bericht in (SCHWEDT 2001) – sowie zur „fürstlichen Küchenchemie“. Beispiele hieraus sind zu den historischen Themen des Färbens, Würzens und Überwürzens, Süßens sowie der Getränke Tee, Kaffee, heiße Schokolade und auch Bier und Tee u.a. der Nachweis der Verfälschung von Safran durch Kurkumin (Nachweis von Kurkumin durch Zusatz von Natriumcarbonat = Soda anhand der Farbänderung von Gelb zu Rotbraun) oder die Unterscheidung von Gelees (aus Eiweiß mit dem Reagenz Ninhydrin, oder aus Pektinen = Kohlenhydraten). Auch die Reaktionen von Pflanzenphenolen aus z.B. Anis oder Muskat in sodaalkalischer Lösung (Gelbfärbung), die unterschiedliche Oxidierbarkeit von Glucose (Traubenzucker – auch im Honig) und Saccharose durch Permanganat, die Reaktion von Teeinhaltsstoffen (Gallotanninen) mit Eisen(III)salzen u.a. mehr sind zu nennen. Bereits 1790 wurde ein tragbares „chemisches Probierkabinett“ aus zwei übereinander gesetzten Holzkästen mit Reagenzien in Flaschen beschrieben und vertrieben (SCHWEDT 1992). Alle für die in Tab. 1 und 2 aufgeführten Vortragsthemen zusammengestellten Versuche wurden in Büchern im Kontext mit den Vortragsorten und deren Geschichte veröffentlicht (SCHWEDT



**Bild 1: Im Ehrensaal des Deutschen Museums, München**  
(Foto Deutsches Museum)



**Bild 2: Goslar, im Rammelsberg**  
(Foto Martin Schenk, Goslarsche Zeitung)

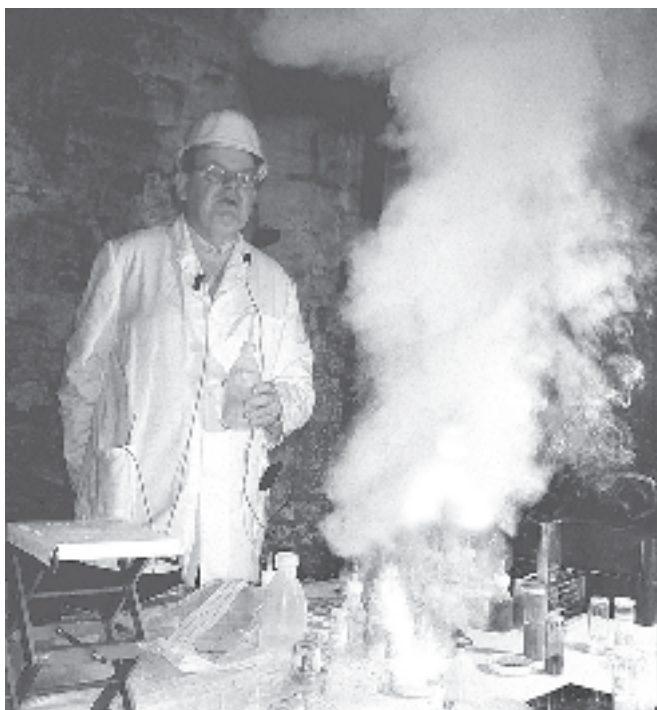
2002, 2003). Einige der aufgeführten Vorträge wurden auch an einem Tag oder zu verschiedenen Terminen mehrmals gehalten.

### Zum Echo in der Presse

In der Regel sorgten die Veranstaltungsorte auch dafür, dass die örtliche Presse über die Veranstaltungen berichtete. Aus drei Berichten, die von Wissenschaftsjournalisten geschrieben wurden, soll hier beispielhaft zitiert werden. Zum Auftakt der Veranstaltungen in Schlössern, Klöstern und Museen in Baden-Württemberg schrieb R. Flöhl in der FAZ (26.6.2002):

„Die Wissenschaft versucht inzwischen auf vielfältige Weise, ihre Welt der Öffentlichkeit näherzubringen. Spektakuläre Auftritte wie jüngst bei der Berliner Wissenschaftsnacht gehören ebenso zu den Aktivitäten wie Experimentalvorträge in Schlössern und Klöstern. Ein Pionier dieser besonderen Art der Wissensvermittlung ist Georg Schwedt, der das Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Technischen Universität Clausthal leitet. Schwedt versteht es, auf eindrucksvolle Weise chemisches Alltagswissen in kulturgeschichtliche Zusammenhänge einzubinden. Alle Experimente erfolgen unter dem Motto 'sowohl zur Belustigung als auch zur Belehrung' nach klassischen Vorbildern des 18. und 19. Jahrhunderts. Schwedt nutzt dabei geschickt die örtlichen Besonderheiten der jeweiligen Schlösser und Klöster. Alchemistische Experimente aus der Zeit des Grafen Wolfgang II. von Hohenlohe (1546 – 1610) präsentierte er kürzlich im Renaissance-Schloss Weikersheim...“

Über den Start des Projektes „Experimente in naturwissenschaftlich-technischen Museen“ berichtete H. Noske in der Braunschweiger Zeitung (7.12.2002) (s. Bild 2 und 3) unter der Überschrift „Die Farben des Berges mit Feuer und Flamme. Im Harz wird Chemie so fesselnd und anschaulich vermittelt wie nirgends sonst“ u.a.:



**Bild 3: Goslar, im Rammelsberg**  
(Foto Martin Schenk, Goslarsche Zeitung)

„Im Goslarer Rammelsberg, bereits jetzt Deutschlands bedeutendstes Bergwerksmuseum und Unesco-Weltkulturerbe, gibt es von 2003 an auch chemische Experimentalprogramme unter Tage. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität (TU) Clausthal, wo sich Prof. Dr. Georg Schwedt (59) nationale Berühmtheit als Magier und Zeremonienmeister der populären Chemie erarbeitet hat. Schwedt reist durch die Lande, klappt in Schlössern, Museen, Apotheken und Schulen den Experimentalkoffer auf, lässt es krachen und blitzen, funkeln und leuchten – und erzählt uns ganz nebenbei von der Chemie...“

E. K. Roloff schrieb über die Experimentier- und Gesprächsstunde auf der Frankfurter Buchmesse im Rheinischen Merkur (13.10.2003) als Einleitung auf der Seite „Wissenschaft und Praxis“:

„Er lebt aus dem Koffer. Eingepackt hat er nur ein paar Kleinigkeiten: Gläschen mit farbigen Essenzen, mit Pulver und Sand, etwas Papier, eine Schachtel Pastillen, zwei Weingläser, winzige Löffel. Dann bittet er um etwas Wasser, 'ganz normales Leitungswasser'. Und los kann es gehen...“

... In den vergangenen Monaten hat Schwedt die halbe Republik bereist: In Eisenach war er am Martin-Luther-Gymnasium, um nur Beispiele anzuführen, in Ulm, Freiburg, Konstanz und Duisburg an den Unis, in Düsseldorf im Goethe-Museum, in Eberswalde in der Adler-Apotheke, in Berlin bei der 'Langen Nacht der Wissenschaften', in Ludwigsburg gleich dreimal im Residenzschloss, in Seligenstadt im Kloster, jetzt mehrere Tage im Deutschen Museum in München. Und immer packte er aus, schüttete und schüttelte, erzählte und erklärte. Die Leute hören ihm zu, staunen und verstehen; ein Satz wirkt Wunder: 'Ich werde keine Formeln benutzen.'

Wenn sie älter sind, erinnern sie sich an mehr oder weniger schlimme Chemiestunden. Sind sie jünger, und kennen sie das genau, weil sie erst vorgestern wieder einmal darin Unterricht hatten, dann profitieren sie von Lektionen darin, wie Chemie am besten vermittelt wird, mit einfachen, gut erläuterten Experimenten samt Anekdoten dazu, am liebsten mit lokalem und fachlichem Bezug. Und wenn einer so viel weiß wie Schwedt, auch in Literatur und Geschichte, dann findet er immer Anknüpfungspunkte.

Da pendelt der Professor für analytische und anorganische Chemie zwischen Goethe, Liebig und Thomas Mann, zwischen Alchemie, Pharmazie und Lebensmittelprodukten. Schwedts Buchmesse-Stunde war zugeschnitten auf das Thema 'Die Chymie ist noch immer meine heimliche Geliebte – Experimente und Erzählungen zum Jahr der Chemie rings um Goethe, Liebig und Harry Potter', mit einer Anleihe auf eine Briefstelle Goethes von 1770...“

Abschließend schreibt E. K. Roloff:

„Einer, der Chemie studieren will, muss 'Spaß am Experimentieren haben', meint Schwedt...“

'Neugierig sein, Stoffe umzuwandeln, so wie ich es hier zeige, darauf kommt es zunächst an. Die Lust darf nicht wegen der Formeln und Gleichungen verloren gehen. Durch einige Durststrecken muss man natürlich durch, insgesamt aber sollten Neigung und Eignung zusammenkommen', rät der Mann vom Jahrgang 1943, der nach dem Studium der Chemie und Lebensmittelchemie in Untersuchungsämtern für Umwelt- und Lebensmittelanalytik zu tun hatte, bevor er als Professor in Siegen, Göttingen und Stuttgart lehrte und forschte.

Noch heute experimentiert er fast täglich in seinem Labor mit Brockenblick und notiert, was er tut. Das hilft beim Schreiben und führt zu vielen Publikationen. Er ist wohl nicht nur Deutschlands mobilster Chemiker, sondern auch einer der produktivsten, natürlich besonders im 'Jahr der Chemie', um das wichtige Fach ganz nah an die Öffentlichkeit zu bringen. 'Chemie ist ein Teil der Kultur', sagt er. Und Goethe sah das nicht anders.“ ▶

#### Themen (Orte)

1. Chemische Experimente mit Supermarktprodukten (*Cottbus*, TU; Gießen, Universität; *Halle*, Franckesche Stiftungen; *Heidelberg*, Deutsches Apothekenmuseum; *Hoya*, Johann-Beckmann-Gymnasium; *Müllrose* bei Frankfurt/Oder, Museum)
2. Chemische Belustigungen aus der Barock-Zeit (*Bad Pyrmont*, Museum im Schloss; Schloss *Caputh* bei Potsdam; *Helmstedt*, Juleum; *Ludwigsburg*, Schloss; *Tettmang/Bodensee*, Schloss)
3. Alchemistische Experimente an Fürstenhöfen (*Braunschweig*, Herzog-Anton-Ulrich-Museum; *Helmstedt*, Juleum; *Kirchheim/Teck*, Schloss; *Stuttgart-Hohenheim*, Schloss; *Weikersheim*, Schloss)
4. Fürstliche Küchenchemie – lebensmittel-chemische Experimente mit historischen Ingredienzien (*Ludwigsburg*, Schloss; *Tettmang/Bodensee*, Schloss, *Bad Urach*, Schloss; *Wuppertal*, Universität)
5. Kabinettstücke aus der Alltagschemie mit Feuer und Flamme (*Helmstedt*, Juleum; *Steinhorst*, Schulmuseum)
6. Mineralwasseranalysen – mit einem chemischen Probierkabinett aus der Goethezeit (*Bad Pyrmont*, Schloss; *Helmstedt*, Juleum)
7. Chemische Experimente mit historischen Pharmazeutika aus der Klosterapothek (Lorch, Kloster; Ulm-Wiblingen, Kloster)
8. Salongespräche über die Chemie mit Experimenten nicht nur für Damen (*Ludwigsburg*, Schloss; *Stuttgart-Hohenheim*, Schloss)
9. Als Chemiker im Supermarkt – chemische Experimente mit Alltagsprodukten (*Mülheim*, Max-Planck-Institut für Kohleforschung; *München*, Deutsches Museum)
10. Chemische Experimente mit Pharmazeutika aus der Klosterapothek (*Seligenstadt*, ehem. Benediktinerabtei; *Ulm-Wiblingen*, Kloster)
11. Kerze, Zündholz, Feuerzeug – Chemie in Flammen des Alltags (*Berlin*, Jagdschloss Grunewald)
12. Chemiker an Fürstenhöfen und ihre Experimente (*Berlin*, Schloss Glienicke)
13. Chemische Experimente zur Geschichte von Kaffee, Kakao und Tee (*Berlin*, Schloss Glienicke)
14. Chemie ganz in Blau – vom Berliner Blau zum Indigo (*Braunschweig*, Anton-Ulrich-Museum)
15. Thaer, Goethe und die Chemie (*Celle*, Bomann-Museum)
16. Von der Humustheorie (Thaer) zur Mineralstoffdüngung (Liebig) – mit chemischen Experimenten (*Celle*, Bomann-Museum)
17. Chemische Experimente mit landwirtschaftlichen Produkten aus dem Supermarkt (*Celle*, Bomann-Museum)
18. Liebigs neue Schule der Chemie mit Highlights aus seiner Experimentalvorlesung (*Gießen*, Universität)
19. Die Farben des Berges mit Feuer und Flamme (*Goslar*, Rammelsberg)
20. Der Helmstedter Professor Beireis als Chemiker (*Helmstedt*, Juleum)
21. Ein „chemisches“ Tabakskolleg - Experimente um Bier und Tabak (*Königswusterhausen*, Schloss)
22. Feuer und Flamme – Experimente aus der Barockzeit (*Ludwigslust*, Schloss)
23. Chemische Experimente rund um das Salz (*Lüneburg*, Deutsches Salzmuseum)
24. Runge und die „Professorenkleckse“ – Chemiker am preußischen Hof und im Schloss Oranienburg (*Oranienburg*, Schloss)
25. Das Farbenkleid der Pflanzen (*Potsdam*, Große Orangerie von Schloss Sanssouci)
26. Chemie zwischen Oratorium und Laboratorium – historische Farbenexperimente zu klassischen Musikstücken (*Potsdam*, Palmensaal im Neuen Garten)
27. Friedrich der Große und die Alchemie (*Rheinsberg*, Schloss)
28. Szenen aus der Geschichte des Zündholzes (*Rinteln/Weser*, Museum Eulenburg)
29. Die Chemie im Wörterbuch der Brüder Grimm – mit Experimenten nicht nur zur Belehrung (*Steinau a. d. Straße*, Neue Hofstube)
30. Chemische Experimente aus der Weltliteratur – von Goethe bis Thomas Mann (*Steinhorst* b. Gifhorn, Schulmuseum)
31. Tinten, Farbstoff und Pigmente mittelalterlicher Buchmalerei im Experiment (*Ulm-Wiblingen*, Kloster)
32. Vom Erdöl zum Arzneimittel (*Wietze*, Deutsches Erdölmuseum)

**Tabelle 1: Themen und Orte der Experimentalvorträge im Jahr 2002**

#### Literatur

- [1] G. Schwedt: Das Clausthaler SuperLab: Chemische Experimente mit Supermarktprodukten, TUContact Nr. 8, 36 – 38 (2001)
- [2] G. Schwedt: Kabinettstücke der Chemie. Vom chemischen 'Probier-Cabinett' zum Experimentierbaukasten, Kultur & Technik Heft 2, 43 – 47 (1992)
- [3] G. Schwedt: Chemische Experimente in Schlössern, Klöstern und Museen. Aus Hexenküche und Zauberküche, Weinheim 2002  
-, -: Chemische Experimente in naturwissenschaftlich-technischen Museen. Farbige Feuer und feurige Farben, Weinheim 2003

Prof. Dr. rer.nat Georg Schwedt  
Institut für Anorganische und Analytische Chemie  
Paul-Ernst-Straße 4  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: 05323/72-2209  
Fax: 05323/72-2995

Ort	Thema
Berlin, Deutsches Technikmuseum – , Urania	Chemische Experimente mit Feuer und Flamme 1. Alchemistische Experimente an Fürstenhöfen 2. Highlights aus Liebig's Experimentalvorlesung Chemie zwischen Magie und Wissenschaft
– , FU (2. MNU-Kongress) Bonn, Maritim-Hotel – , Deutsches Museum	Umgang mit Naturwissenschaften im Alltag. Chemische Experimente mit Supermarktprodukten 1. Mit Harry Potter im chemischen Zauberkabine 2. Fürstliche Küchenchemie – mit Zutaten aus dem Supermarkt
Braunschweig, Landesmuseum	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten (Tage der Forschung: „Chemie im Alltag – Alltag ist Chemie“)
Darmstadt, TU/Merck	Als Chemiker auf Spurensuche – Experimentalvortrag
Düsseldorf, Goethe-Museum	Chemische Experimente aus der Weltliteratur
Duisburg, Universität	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten
Eberswalde, Museum Adler-Apotheke	Wasseranalysen mit einem chemischen Probierkabinett aus der Goethezeit
Eisenach, Martin-Luther-Gymnasium	1. Experimente mit Supermarktprodukten – Kabinettstücke aus der Alltagschemie 2. Goethe als Chemiker – der experimentierende Dichter
Erlangen, Buchhandl. Menke-Blesing	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten
Frankfurt/Main – Buchmesse	Rheinischer Merkur: Pressegespräch mit Experimenten
Frechen/bei Köln, Gymnasium	Kabinettstücke aus der Alltagschemie – Experimente mit Supermarktprodukten
Freiburg, Universität	Mit Feuer und Flamme – von der Alchemie bis zur Beilsteinprobe
Göttingen, Max-Planck-Institut	Chemie mit Feuer und Flamme
Hanau, Otto-Hahn-Schule	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten
Hannover, Medical Park, VCI	Experimente zur fürstlichen Küchenchemie
Heidelberg, Deutsches Apothekenmuseum	1. Mit Harry Potter im chemischen Zauberkabine 2. Pharmazeutisch-chemische Analysen mit einem Probierkabinett aus der Goethezeit
Helmstedt, Juleum	Pharmazeutisch-chemische Experimente mit einem historischen Probierkabinett aus der Universitätszeit
Idstein, FH Fresenius	Mineralwasseranalytik bei Goethe, Liebig und Fresenius – mit historischen Experimenten
Jena, Fachhochschule	Chemische Experimente mit Produkten aus dem Supermarkt
Konstanz, Universität	Experimente aus dem Clausthaler SuperLab – vom Schülerversuch zur Elementspeziesanalytik
Krefeld-Uerdingen, Bayer	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten – Kabinettstücke aus der Alltagschemie
Laatzten, Albert-Einstein-Schule	Chemische Belustigungen aus der Barockzeit
Ludwigsburg, Residenzschloss	1. Chemische Belustigungen im Residenzschloss Ludwigsburg 2. Der Ludwigsburger Zündholzfabrikant Kammerer und seine Experimente 3. Pyrotechnisches – Experimente zur Feuerwerkschemie im Barock 4. Porzellan – Materialien und Farben im chemischen Experiment
Lüneburg, Deutsches Salzmuseum	Chemische Experimente rund um das Salz
Mannheim, Landesmuseum für Technik	1. Chemie in Flammen 2. Chemische Experimente mit Alltagsprodukten 3. Kabinettstücke aus der Alltagschemie – mit Feuer und Flamme
München, Deutsches Museum	1. Chemie mit Feuer und Flamme 2. Highlights aus der Küchenchemie 3. Mit Harry Potter im chemischen Zauberkabine 4. Highlights aus Liebig's Experimentalvorlesung
Rheinbach, Bibliothek der FH Rhein-Sieg – , FH	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten Highlights aus der Alltagschemie – Experimente mit Supermarktprodukten
Schwerin, Gymnasium Fridericianum	1. Fürstliche Küchenchemie – lebensmittel-chemische Experimente mit historischen Ingredienzen 2. Mit Harry Potter im chemischen Zauberkabine
Seligenstadt, ehem. Kloster	1. Speisen der Klosterküche im lebensmittel-chemischen Experiment 2. Experimente zur Chemie der Färbepflanzen
Steinhorst, Schulmuseum	1. Chemische Experimente zur Belustigung und Belehrung 2. Chemische Farbenspiele 3. Chemische Experimente rund um die Weihnachtsbäckerei
Stuttgart, Schlossplatz	„Jahrmarkt der Chemie“ – Chemische Experimente zur Belustigung und Belehrung
Stuttgart-Hohenheim, Schloss	Mit Harry Potter im chemischen Zauberkabine
Ulm, Universität	Chemische Experimente mit Supermarktprodukten (Jungchemikerforum)
– , Museum der Brotkultur	Vom Getreide zum Brot – Experimente um Backtriebmittel und Zutaten
Wietze, Deutsches Erdölmuseum	Experimente rund um das Erdöl
Wuppertal, Fuhlrott-Museum	1. All-Chemie im Fuhlrott-Museum 2. Kalk als Baustein des Lebens in Experimenten

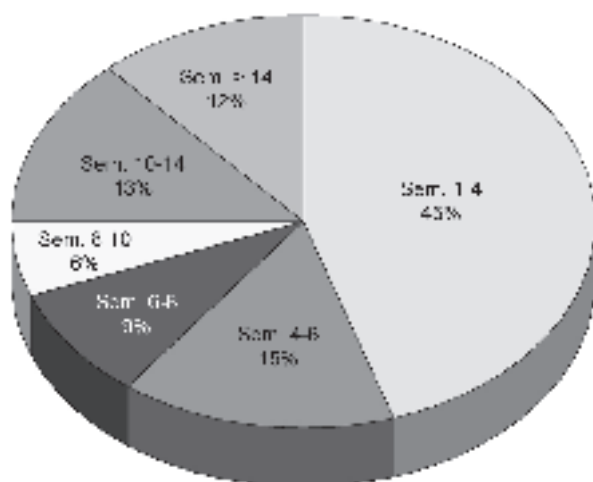
Tabelle 2: Mit Experimentalvorträgen im Jahr der Chemie 2003 auf Reisen



# HOCHSCHULSPORT AN DER TU CLAUSTHAL

Von Regina Semmler-Ludwig und Marko Culina<sup>\*)</sup>

Umfangreiche Befragungen im Wintersemester 1999/ 2000 an 384 Hochschulsportteilnehmern verdeutlichen die große Beliebtheit des Hochschulsports, insbesondere bei Studienanfängern (**Bild 1**).



**Bild 1:** Überblick über studentische Teilnehmer am Hochschulsport der TUC

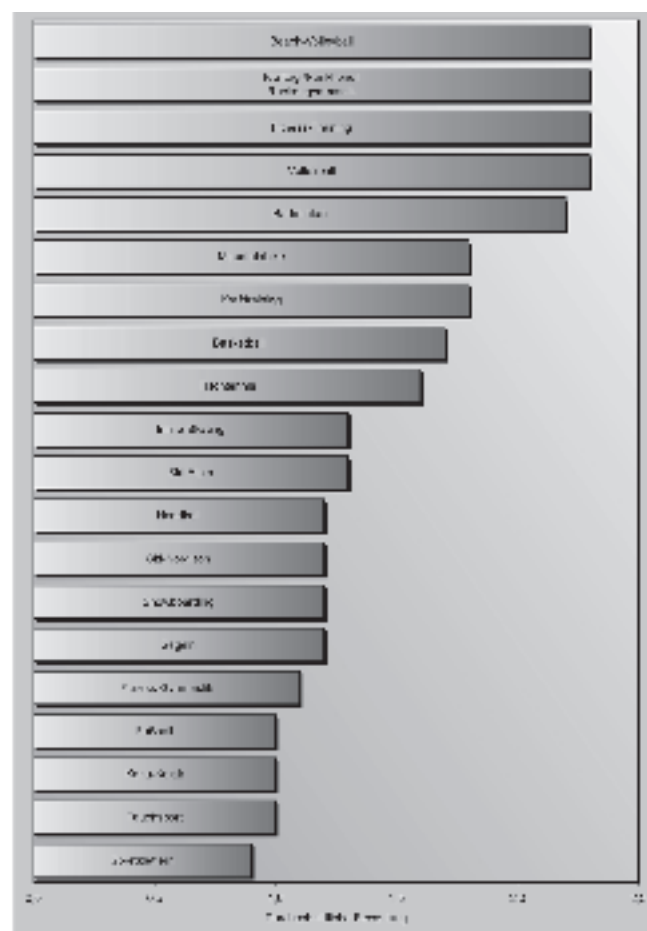
Rangplatz	Sportart
1	Krafttraining
2	Volleyball
3	Badminton
4	Fitnessstraining
5	Fußball
6	Schwimmen
7	Aerobic
8	Unihockey
9	Basketball
10	Handball

**Tab.1:** Die „TOP 10“-Sportarten mit den meisten Aktiven im Wintersemester 1999/2000

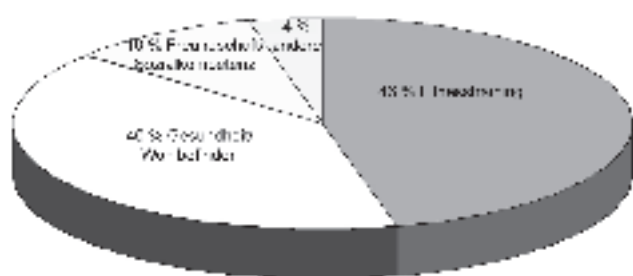
<sup>\*)</sup> Ein herzliches Dankeschön allen, die uns bei der Statistik zum Hochschulsport unterstützten, insbesondere Ingrid Wallner, Bernhard Maag, Flemming Gloyer, Werner Bode, Siegfried Hippler, Marijan Culina, Thiemo Pösch und den befragten Hochschulsportteilnehmern

Dies gilt sowohl für männliche (74 %) als auch weibliche Hochschulsportteilnehmer (26 %), wobei die Studentinnen, im Untersuchungszeitraum 17,7 Prozent der gesamten Studentenschaft, sportlich aktiver als ihre männlichen Kommilitonen waren. Die Untersuchungen bestätigen des weiteren die Integrationsmöglichkeiten des Hochschulsports, bei dem deutsche und ausländische Studenten gemeinsam trainieren bzw. spielen etc. Außerdem nutzen insbesondere ausländische Studierende Wochenendangebote des Hochschulsports. Das ist ein Grund für durchschnittlich höhere Aktivitäten ausländischer Studenten, die im Analyse-Zeitraum 17,9 % der Studentenschaft, aber 31 % der Hochschulsportteilnehmer der TUC darstellten.

Unabhängig von Alter, Geschlecht, Semesterzahl und Staatsangehörigkeit gefallen den meisten befragten Hochschulsportteilnehmern (n = 384) insbesondere Beach-Volleyball, Krafttraining/ Funktionelle Rückengymnastik, Fitness-Training und Volleyball. Die genannten Sportarten erhielten die besten durchschnittlichen Bewertungen (**Bild 2**). Die Befragungsergebnisse spiegeln sich weitgehend auch in entsprechend hohen Nutzerzahlen der „TOP 10“-Sportarten wider (**Tab. 1**).



**Bild 2:** Die 20 beliebtesten Sportarten



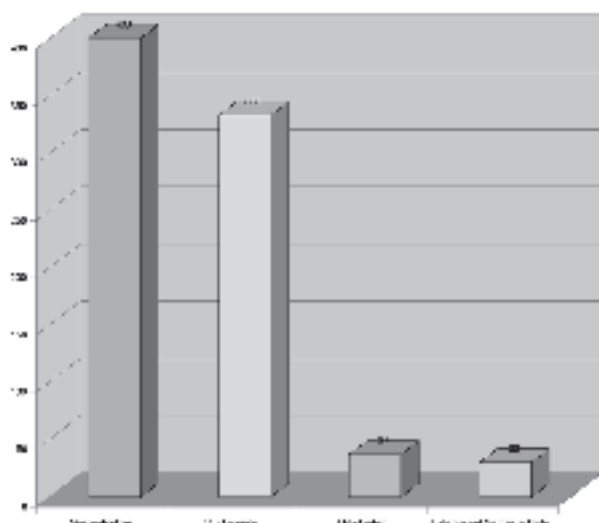
**Bild 3: Ziele von Hochschulsportteilnehmern an der TU Clausthal**

Die Hochschulsportteilnehmerinnen und -teilnehmer wollen durch die Teilnahme am Hochschulsport vor allem etwas für ihre Gesundheit, ihre Fitness und ihr Wohlbefinden tun (Bild 3). Insbesondere in Mannschaftssportarten werden soziale Aspekte geschätzt. Vier Prozent der Hochschulsportler geben andere Motive für regelmäßiges Sporttreiben an.

### Fakten und Zahlen zum Wintersemester 2002/03

Im Wintersemester 2002/ 2003 nahmen durchschnittlich 1213 Studierende und Mitarbeiter an 183 angeleiteten Sportstunden pro Woche teil. Außerdem fanden ein Snowboardkurs im Harz sowie zwei Skisportfreizeiten in den Alpen bei 46 Teilnehmern regen Zuspruch.

Vom 16.09. - 28.03.03 nutzten neben unseren angeleiteten Kursen in Kanupolo, Schwimmen, Wasserball etc. 483 Teilnehmer mit Einzelkarten, 48 mit Zehnerkarten und 5 Jahreskarteninhaber das öffentliche Schwimmen im TU-Hallenbad. Die Kraft- und Fitnessräume wurden im Wintersemester 02/ 03 neben den angeleiteten Kursen von 400 Hochschulsportteilnehmern individuell genutzt, davon waren 333 Studierende, 37 Mitarbeiter der TU Clausthal und 30 Externe mit Semesterkarte (Bild 4).

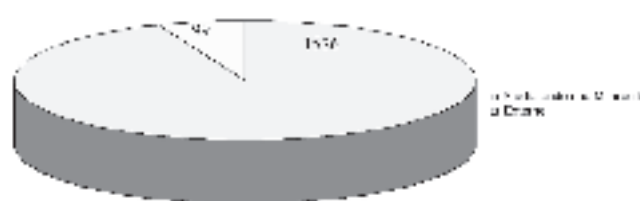


**Bild 4: Kraftraumnutzer im Wintersemester 2002/03**

Die Vorlesung „Sportpsychologie und Bewegungslehre“ wurde in diesem Semester von 5 Studierenden regelmäßig besucht. Seit Vorlesungsbeginn 1996 nahmen im Rahmen des *studium generale* über 200 Studierende und Mitarbeiter an der sporttheoretischen Lehrveranstaltung teil.

Die Kanusportgruppe organisierte ein gut besuchtes überregionales Kanupolo-Turnier. Hochschulmeisterschaften wurden in Tischtennis, Basketball, Volleyball, Handball, Fußball und Kickern durchgeführt. Sportinstitut und Sportreferat richteten im Januar 2003 unter der Leitung von Alexander Maus und Bernhard Maag eine Sportlerparty in der Mensa aus, die sehr großen Anklang fand.

Mit Unterstützung des Hochschulsportverbandes Niedersachsen u.a. organisierte Prof. Dr. Regina Semmler-Ludwig in Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Britta Kragert im CUTEK-Institut ein interdisziplinäres Kolloquium im Rahmen des *Forum Clausthal* „Fit für die Uni“ mit ca. 100 Teilnehmern verschiedener Universitäten aus der Region sowie eine Übungsleiterfortbildung „Irisches Tanzen“, an der acht Übungsleiter der TU Clausthal und der Uni Hannover teilnahmen.



**Bild 5: Hochschulsport-Mehrfachnutzer im Wintersemester 2002/ 03 (n = 1625)**

Insgesamt verzeichnete das Hochschulsportprogramm im Wintersemester 2002/2003 mit Kursteilnehmern, Sportfreizeiten, Schwimmbad- und Kraftraumnutzern und Aktiven in freien Gruppen 3575 Teilnahmefälle. Detaillierte Untersuchungen lassen im Durchschnitt auf eine 2,2fache Nutzung von Hochschulsportangeboten schließen, so dass davon auszugehen ist, dass im Wintersemester 2002/2003 1625 Hochschulsportteilnehmer mehrfach wöchentlich regelmäßig Sport getrieben haben (Bild 5).

### Fakten und Zahlen zum Sommersemester 2003

Im Sommersemester 2003 haben wir 161 Sportkurse mit insgesamt 2361 Zeitstunden angeboten. Darunter:

- 37 Kurse in teamorientierten Sport- und Freizeitspielen,
- 23 in Individual- und Funsportarten,
- 25 in Fitness- und Entspannungstraining und asiatischen Bewegungsformen,
- 5 in Tanz und Gymnastik,
- 14 in Schwimm- und Wassersportarten,
- 13 in Budo- und Kampfsportarten,
- öffentliches Schwimmen und Zeiten für freie Gruppen.

76% der oben genannten Kurse fanden unter Anleitung statt, 92,75% der Angebote waren für Studierende und Bedienstete der TU Clausthal entgeltfrei.

Es wurden drei Segelkurse (22 Teilnehmer) und ein Surfkurs auf der Okeralsperre (9 Teilnehmer) und ein SKS-Segeltörn (10 Teilnehmer) realisiert. Vom 01.04. - 30.09.03 nutzten neben unseren angeleiteten Kursen in Kanupolo, Schwimmen, Wasserball etc. 248 Teilnehmer mit Einzelkarten (davon 222 Studierende), 42 mit Zehnerkarten (davon 31 Studierende) und 10 Jahreskarteninhaber (davon 9 Studierende) das öffentliche Schwimmen im TU-Hallenbad. ▶

Unsere Kraft- und Fitnessräume wurden im Sommersemester 2003 neben den angeleiteten Kursen von 358 Hochschulsportteilnehmern individuell genutzt; davon waren 286 Studierende, 36 Mitarbeiter der TU Clausthal und 36 Externe mit Semesterkarte.

Die Tennisplätze wurden regelmäßig von 11 Saisonkarten-Inhabern sowie von 114 Einzelkarten-Inhabern und Spielern der Hochschulmannschaft genutzt. 7 Interessenten nahmen an Tenniskursen teil. Außerdem nutzten Hochschulsportler 15 Stunden einen Tennisplatz und 14 Stunden einen Squash-Platz in der Tennis- und Squash-Halle des Tennisclubs Clausthal.

Insgesamt verzeichnete das Hochschulsportprogramm im Sommersemester 2003 mit Kursteilnehmern, Sportfreizeiten, Schwimmbad-, Tennisplatz- und Krafraumnutzern etc. 1646 regelmäßige Teilnehmer, davon 91 Externe mit einer Semesterkarte. Unter den Externen waren 9 Robert-Koch-Schüler, 3 Techniksicher, 5 CUTEK-Mitarbeiter, 3 TUC-Absolventen, 5 Studierende anderer Unis, 8 Familienangehörige und 4 Geschwister bzw. Freunde von Studierenden, 49 Sonstige.

Die Vorlesung „Sportpsychologie und Bewegungslehre“ wurde wieder von fünf Studierenden regelmäßig besucht (im Wintersemester 2003/04 sind es 13).

Im Sommersemester 2003 erreichte die Handballmannschaft der TUC den 4. Platz beim Pokal des Allgemeinen Deutschen Hochschulsportverbandes (ADH), die Volleyball-Damen- und Herrenmannschaften sowie die Basketballer vertraten die TUC bei ADH-Pokal-Zwischenrunden.

Den 14. Clausthaler Campuslauf, den die Sportinstitut-Mitarbeiter am 14. Mai gemeinsam mit Verwaltung und technischem Dienst ausrichteten, nutzten trotz „Aprilwetter“ insgesamt 221 Starter zum Laufen oder Skaten und zahlreiche Zuschauer zum Anfeuern und Stärken.

Rangplatz	betreute Stunden (inklusive Uniliga)	insgesamt (inklusive freie Gruppen und öffentliches Schwimmen etc.)
1	Beachvolleyball	Kraft-/Fitnessstraining
2	Volleyball	Beachvolleyball
3	Unihockey	Fußball
4	Fußball	Volleyball
5	Konditionstraining	Segeln
6	Basketball	Schwimmen
7	Badminton	Tennis
8	Handball	Unihockey
9	Aikido	Konditionstraining
10	Tischtennis	Basketball

Tab. 2: Die „TOP 10“-Sportarten mit den meisten Aktiven im Sommersemester 2003

Außerdem vertraten Tischtennispieler unsere Uni beim 28. Internationalen Studierenden-Tischtennis-Turnier in Eindhoven. Carsten Lüdike (Oberliga) konnte das Turnier, an dem sich 320 Tischtennispielerinnen und -spieler beteiligten, gewinnen.

Am 21./22. Juni organisierte unsere Wasserballgruppe ein Fun-Turnier mit Uni-Teams aus Braunschweig, Clausthal-Zellerfeld, Magdeburg und Leipzig.

Vom 13.-15.06.03 richtete unsere Unihockey-Gruppe den Internationalen „14. Harz Mountain Cup“ aus (36 Teams, darunter 4 Clausthaler sowie Schweizer, Holländer, Österreicher, Schweden ...) sowie in der darauf folgenden Woche die Deutschen Meisterschaften im Unihockey mixed.

Weitere Höhepunkte waren das Sommersportfest am 25.06. auf der Tannenhöhe mit den Hochschulmeisterschaften im Triathlon und Straßenradsport, die Hochschulmeisterschaften im Fußball und Beachvolleyball, das Bootshausfest am 29.06 mit den offenen Hochschulmeisterschaften im Segeln sowie die 75-Jahr-Feier der TU Schwimmhalle am 04.07.03.

Simon Völler erreichte bei der Deutschen Hochschulmeisterschaft im Tennis einen hervorragenden 3. Platz, Roger Fabek bei den Deutschen Hochschulmeisterschaften in der Leichtathletik mit 15,59 Metern im Kugelstoßen einen sehr guten 6. Platz. Mehrere Inline-Skater starteten für die TU Clausthal beim Hamburg- und beim Berlin-Marathon.

## Ausblick

Die Hochschulrektorenkonferenz hat im Februar 2003 die Bedeutung des Hochschulsports für die jeweiligen Hochschulstandorte bekräftigt. Das Jahr 2004 wurde von der EU als „Europäisches Jahr der Erziehung durch Sport“ deklariert. Erfreulich und gleichzeitig wichtiger Werbefaktor für die TUC sind die Spitzenplätze des Hochschulsport-Angebots der TU Clausthal beim aktuellen CHE-Stern-Ranking. In diesem Sinne werden wir weiterhin ein vielfältiges Hochschulsportprogramm anbieten. Wir würden uns sehr freuen, Sie neben den wöchentlichen Hochschulsportveranstaltungen als Aktive

oder Zuschauer zum Campuslauf am 12.05.04, zum 15. Internationalen Harz-Mountain-Cup im Unihockey am 05./06.06.04, zum Sommersportfest am 30.06.04 bzw. zum Bootshausfest am 17.07.04 begrüßen zu dürfen.

Prof. Dr. Regina Semmler-Ludwig  
Dipl.-Sportl. Marko Culina  
Sportinstitut  
Julius-Albert-Straße 2  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: 05323/72-7800  
Fax: 05323/72-7899

# DIE INGENIEURWISSENSCHAFTEN im „Jahr der Technik 2004“

Von Michael F. Jischa

Das erste Wissenschaftsjahr fand im Jahr 2000 statt; es war das „Jahr der Physik“. Die Initiative hierzu ging vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) aus, unterstützt von der Initiative „Wissenschaft im Dialog“ (WiD) des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft und von großen Forschungsorganisationen. Dem Jahr der Physik folgte 2001 das Jahr der Lebenswissenschaften, 2002 das Jahr der Geowissenschaften und 2003 das Jahr der Chemie. Gemessen an der Zahl der Besucher, war das „Jahr der Chemie 2003“ das bisher erfolgreichste Wissenschaftsjahr; es wurden mehr als eine Million Besucher bei den Veranstaltungen gezählt. Vorrangiges Ziel der Wissenschaftsjahre ist die Förderung des Dialoges zwischen Forschung und Öffentlichkeit. In einer Pressemitteilung des BMBF vom 17. Oktober 2003 heißt es dazu: „Die vom BMBF ins Leben gerufenen Wissenschaftsjahre wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einen Dialog mit den Bürgern auf gleicher Augenhöhe bringen“.

Das Jahr 2004 ist das „Jahr der Technik“. Wie in den bisherigen Wissenschaftsjahren wird das BMBF dabei von der Initiative „Wissenschaft im Dialog“ unterstützt. Hinzu kommt die Unterstützung von 80 technisch-wissenschaftlichen Verbänden, die durch den Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine (DVT) vertreten werden. Demzufolge besteht das Lenkungsgremium zum „Jahr der Technik“ aus Repräsentanten dieser drei Einrichtungen: Prof. Dr. Christ (DVT), Prof. Dr. Treusch (WiD) und Dr. Krause (BMBF). Die Arbeitskommissionen sind mit Vertretern der verschiedenen technisch-wissenschaftlichen Verbände besetzt.

Exemplarisch möchte ich einige der 80 Verbände hier aufführen, um den Lesern einen Eindruck von der Bandbreite der Akteure zu vermitteln. Dabei nenne ich insbesondere diejenigen Verbände, bei denen ein Bezug zu den Aktivitäten der TU Clausthal unmittelbar gegeben ist: Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen (AIF), Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (DECHEMA), Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT), Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR), Deutsche Gesellschaft für Materialkunde (DGM), Deutsche Gesellschaft für Qualität (DGQ), Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG), Deutsche Maschinentechnische Gesellschaft (DMG), Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW), Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle (DGMK), Deutscher Markscheiderverein, Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung (DVM), Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS), Deutsches Institut für Normung (DIN), Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik (GDMB), Gesellschaft für Informatik (GI), Gesellschaft für Tribologie (GfT), Gesellschaft für Umweltsimulation (GUS), Technisch-Wissenschaftlicher Verband der Elektrotechnik (VDE), Verein Deutscher Ingenieure (VDI), Verband der Technischen Überwachungs-Vereine (VdTÜV), Stahlinstitut Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) und Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG).

Informationen zum „Jahr der Technik“ sind unter [www.jahr-der-technik.de](http://www.jahr-der-technik.de) verfügbar. Darin sind sämtliche Partner aufgeführt, so auch die oben genannten Einrichtungen. Der Zentralverband Elektrotechnik und Elektroindustrie (ZVEI) hat zum Jahr der Technik 2004 eine Sammlung von Folien mit dem Untertitel „Ziele – Chancen – Termine – Kontakte“ bereitgestellt.



Daraus möchte ich einige zentrale Aussagen wiedergeben.

Die Kernbotschaften zum „Jahr der Technik“ lauten:

- Technik hat enorme Bedeutung für Wirtschaft und Gesellschaft; intelligente verantwortliche Technik schafft nachhaltigen Wohlstand.
- Technische Berufe sind kreativ und haben Zukunft; Techniker werden die Zukunft maßgeblich mitgestalten.
- Forschung schafft die Technik von morgen; Wissen erschließt Zukunft.

Zielgruppe ist die gesamte Öffentlichkeit. Denn das zentrale Anliegen der Wissenschaftsjahre ist die Initiierung eines breiten gesamtgesellschaftlichen Dialogs. Im Jahr der Technik soll insbesondere bei der Jugend Interesse für technische Berufe geweckt werden. Dabei sollen in ganz besonderer Weise Mädchen und junge Frauen angesprochen werden, da diese in technischen Berufen noch zu wenig vertreten sind. Im Jahr der Technik sind insgesamt zehn Zentral- und Großveranstaltungen geplant: in Berlin, Hannover, Dresden, Stuttgart und Duisburg sowie in Leipzig, Hamburg, Düsseldorf, Gelsenkirchen und München. An begleitenden Aktivitäten wird es eine Wanderausstellung „Tor zur Technik“, eine „Technik- Rallye“ für Kinder und Jugendliche, Technik-Workshops zum Anfassen und Mitmachen sowie einen „nano-Truck“ zum Thema Nanotechnologien geben.

Die Veranstalter erhoffen sich über 2000 dezentrale Veranstaltungen. Das können einerseits eigene Veranstaltungen unter dem Dach „Jahr der Technik“ sein, ebenso wie eigene Beiträge zu Zentral- und Großveranstaltungen. Über das Jahr 2004 hinaus sollen „Tage der Technik“ etabliert werden. Als Start werden dabei die ersten „Tage der Technik“ am 18. und 19. Juni 2004 in Düsseldorf stattfinden, getragen von VDI, VDE, DVS und anderen Einrichtungen.

Die Veranstalter rufen alle diejenigen, die sich angesprochen fühlen, dazu auf, unter dem Dach einer bundesweiten Kampagne die Gelegenheit zu nutzen (siehe Folien des ZVEI),

- den Bürgern die Bedeutung von Technik für Deutschlands Zukunft klarzumachen,



- die junge Generation für Technik zu begeistern und so ihren Nachwuchs zu sichern,
- Technik zu erklären, Akzeptanz zu erzeugen und so ihren Markt zu entwickeln,
- unsere Branche und ihr Unternehmen in der Öffentlichkeit positiv zu positionieren.

Im „Jahr der Technik“ ist mein Lehrbuch „Ingenieurwissenschaften“ März 2004 im Springer-Verlag erschienen. Das war keine Planung, sondern eine glückliche Fügung. Dieser Band „Ingenieurwissenschaften“ schließt die Reihe „Studium der Umweltwissenschaften“ ab, die von dem neuen Präsidenten unserer TU Clausthal, Prof. Dr. Edmund Brandt, herausgegeben wird. In dieser Reihe sind bislang die Studienbücher „Wirtschaftswissenschaften“, „Rechtswissenschaften“, „Sozialwissenschaften“ und „Naturwissenschaften“ erschienen. Auf dem Rückdeckeltext des Buches heißt es:

„Dieses Studienbuch zum Thema Ingenieurwissenschaften beschließt das fünfteilige Werk „Studium der Umweltwissenschaften“. Das Buch führt auf anschauliche Weise in die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften und in

die Gedankenwelt und Arbeitsweise von Ingenieuren ein. Einleitend wird ein kurzer Abriss zum Wandel der Tätigkeitsfelder der Ingenieure im Laufe der Geschichte gegeben. Im Hauptteil des Buches werden die einzelnen Fächer des Ingenieurstudiums dargestellt. Der Autor setzt einen weiteren Schwerpunkt auf die umweltbezogene Forschung in den Ingenieurwissenschaften. Dabei geht er auch auf Managementmethoden in den Ingenieurwissenschaften, insbesondere auf die Technikbewertung als Nachhaltigkeitsmanagement, ein. Das Buch richtet sich an Studenten anderer Fachrichtungen (vor allem der Umweltwissenschaften), an Oberstufenschüler und interessierte Laien.“

*Prof. (em.) Dr.-Ing. Michael F. Jischa*  
*Institut für Technische Mechanik*  
*Adolph-Roemer-Straße 2A*  
*38678 Clausthal-Zellerfeld*  
*Tel.: 05323/72-2083*  
*Fax: 05323/72-2203*  
*E-Mail: jischa@itm.tu-clausthal.de*

# MARKSCHEIDERISCHE BEITRÄGE ZUR ROHSTOFF- UND GEOTECHNIK

*Von Klaus Maas*

In der Aula der Technischen Universität Clausthal fand am 11. September 2003 ein wissenschaftliches Kolloquium zum Thema *Markscheiderische Beiträge zur Rohstoff- und Geotechnik* statt. Veranstalter waren das Institut für Geotechnik und Markscheidewesen (Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Busch und Dr.-Ing. K. Maas) sowie der Deutsche Markscheider-Verein e.V.

Mit sieben Fachvorträgen wurden aktuelle markscheiderische Themen aus Bergbauunternehmen vorgetragen. Darunter waren auch Beiträge, die allgemein am Bergbau Interessierte ansprechen.

Zuvor befasste sich Dr.-Ing. K. Hanusch, Präsident der GDMB (Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik), in seinem Gastvortrag mit kritischen Anmerkungen zur deutschen Rohstoffindustrie. So stellte er dar, dass es in der Vergangenheit zu einer Verringerung der Anzahl der produzierenden Betriebe und Gesellschaften, zu einer Abnahme der dort tätigen Mitarbeiter und Führungskräfte sowie zu einer Internationalisierung und damit Globalisierung der Branche gekommen sei. Die Hochschulen müssten sich dieser Entwicklung anpassen und die Einführung von international anerkannten Bachelor- und Masterabschlüssen forcieren. Zudem ermutigte der Vortragende die Hochschullehrer zu größerem Engagement bei der Einwerbung von Dritt- und Industriemitteln.

Ein Fachvortrag widmete sich der Erdbebenaktivität im Umfeld eines deutschen Steinkohlenreviers. Gründe für die Erdbebenaktivität und mögliche Zusammenhänge zum Bergbau seien bislang nicht hinreichend geklärt. Es wurde angeregt, die Prozesse näher zu untersuchen, die zu den erheblichen Bruchvorgängen und der signifikant höheren Energiefreisetzung führen.

Mit einem weiteren Vortrag wurde über die bergbaulichen Folgen und markscheiderischen Maßnahmen in Zusammenhang mit der Überflutung des

Braunkohlentagebaus Goitzsche durch den Fluss Mulde im August 2002 berichtet. Die Mulde habe zu diesem Zeitpunkt den höchsten Wasserstand seit dem Jahr 1433 gehabt. Innerhalb eines Tages seien annähernd 40 Mio. m<sup>3</sup> in den Tagebau geflossen; in Spitzen mehr als 1000 m<sup>3</sup>/s. Zum Vergleich: Der Rhein bei Köln hat eine mittlere Durchflussmenge von etwa 2000 m<sup>3</sup>/s.

Des Weiteren wurde über das Projekt Gotthard-Basistunnel berichtet. Der Tunnel soll das Gotthard-Massiv in einem Niveau von ca. 500 mNN unterqueren. Der insgesamt ca. 57 km lange Tunnel werde mit insgesamt fünf Angriffspunkten aufgefahren. Die Inbetriebnahme des Zugverkehrs sei für das Jahr 2009 geplant. Der Vortragende berichtete über eine Schachtlotung zur Richtungsübertragung an einem der Angriffspunkte, was eine heute seltene und besondere markscheiderische Tätigkeit darstellt.

Der Tagungsband enthält auch die Vorträge des Kolloquiums „Markscheidewesen im Zeitalter der Globalisierung“, das u.a. anlässlich des 225jährigen Bestehens der TU Clausthal stattgefunden hat. Der 180-seitige Tagungsband gibt damit einen repräsentativen Überblick über das Spektrum markscheiderischer Arbeiten und kann zum Preis von € 15,- beim Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, Telefon 05323-722294, oder per E-Mail an [klaus.maas@tu-clausthal.de](mailto:klaus.maas@tu-clausthal.de), bestellt werden.

*Dr.-Ing. Klaus Maas*  
*Institut für Geotechnik und Markscheidewesen*  
*Erzstraße 18*  
*38678 Clausthal-Zellerfeld*

*Tel.: 05323/72-3515*  
*Fax: 05323/72-2479*



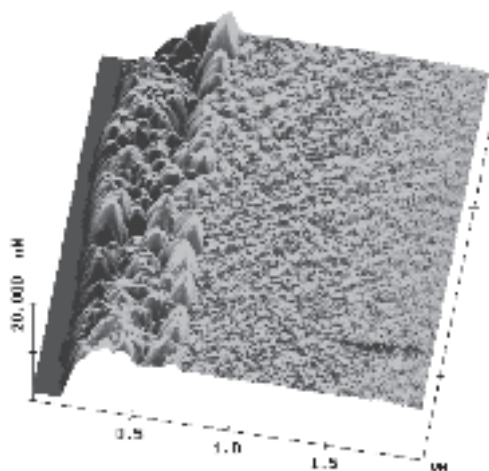
## Entspiegelungsschicht für Solarkollektoren patentiert und in der praktischen Erprobung in Kalifornien

*Bei solaren Parabolrinnenanlagen sind die schwarzen Absorber in der Brennpunktlinie der Spiegel von Borosilicatglas-Rohren ummantelt. Diese reflektieren insgesamt circa acht Prozent des Sonnenlichtes. Wissenschaftlern am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe der TU Clausthal ist es nun gelungen, diese Gläser mit einer in der Praxis tauglichen, entspiegelnden Schicht zu überziehen, welche die Lichtdurchlässigkeit der Glasrohre um bis zu sieben Prozent erhöht. Trifft ein höherer Anteil des einfallenden Lichts den Absorber, erhöht dies den Wirkungsgrad der Solarkollektoren. Die neue Entspiegelungsschicht wird derzeit in Kalifornien an einer großen Solarkollektoranlage getestet.*

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Schott Rohrglas GmbH, Mitterteich, einem Tochterunternehmen des weltweit tätigen Schott Glas-Konzerns, Mainz, durchgeführt. Schott Glas hat die Entwicklung mit den Clausthaler Erfindern Dipl.-Ing. Marta Krzyzak, Dr.-Ing. Gundula Helsch, Privatdozent Dr. habil. Gerhard Heide und Prof. Dr. Günther H. Frischat unter der Bezeichnung „Glaskörper mit poröser Beschichtung“ in Europa, den USA, Israel, Japan und China patentieren lassen.

Es gab zwar bereits Breitband-Entspiegelungsschichten, diese hatten aber den entscheidenden Nachteil, auf Borosilicatglas weder haft- noch wischfest zu sein. Dem rauen Praxisbetrieb hielten sie nicht stand; der gewünschte Effekt verschwand binnen kurzem. Die an der TU Clausthal entwickelten porösen Siliciumdioxidschichten mit einer Dicke von nur 110 Nanometern (1 Nanometer entspricht einem Millionstel eines Millimeters) werden mit der Sol-Gel-Tauchmethode aufgebracht und auf dem Glas bei 500 °C eingebrannt. Die Sol-Gel-Methode hat gegenüber anderen Auftragsverfahren den Vorteil, dass man nicht nur Flachglas, sondern auch das Innere von Glasrohren einwandfrei beschichten kann. Eine speziell entwickelte Sol-Gel-Rezeptur verleiht den Antireflexionsschichten seine Haft- und Wischfestigkeit. Schott Rohrglas hat die Entwicklung vom Labormaßstab in die Produktion umgesetzt: Entspiegelte vier Meter lange Rohre, eingebaut in moderne Solarkraftwerke, befinden sich bereits im Test in Kalifornien.

Das Prinzip der Entspiegelung wird von den Clausthaler Wissenschaftlern in einem Kurzfilm erläutert: [http://video.tu-clausthal.de/kurzfilme\\_forschung/inw/glasveredelung/](http://video.tu-clausthal.de/kurzfilme_forschung/inw/glasveredelung/)



AFMAufnahme (atomic force microscope) der Antireflexions-schicht aus porösem SiO<sub>2</sub>



Dr. Ute de Groot (zweite von links) Patentanwältin der Schott Rohrglas GmbH überreichte den Clausthaler Erfindern, Frau Dr.-Ing. Gundula Helsch, Privatdozent Dr. Ing. Gerhard Heide Dipl.-Ing. Marta Krzyzak und Prof. Dr. Heinz G. Frischat die Patentschrift. ■

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Gundula Helsch  
Institut für Nichtmetallische Werkstoffe  
Zehntnerstr. 2A, 38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: (05323) 72-2895 · Fax: (05323) 72-3710  
e-mail: [gundula.helsch@tu-clausthal.de](mailto:gundula.helsch@tu-clausthal.de)  
<http://www.naw.tu-clausthal.de/glas/glas.html>

Dr. rer. nat. Stephan Tratzky  
Schott Rohrglas GmbH  
Erich-Schott-Straße, 95660 Mitterteich  
Tel.: (09633) 80-470 · Fax.: (09633) 80-835  
e-mail: [stratzky@schott-rohrglas.de](mailto:stratzky@schott-rohrglas.de)  
<http://www.schott.com/tubing/german/products/solar/applications/solar1.html>  
<http://www.energylan.sandia.gov/sunlab/overview.htm#trough>

**SCHOTT**  
glass made of ideas

**SCHOTT-Rohrglas GmbH**  
Postfach 11 80  
D-95660 Mitterteich

Telefon 0 96 33/80-0  
Telefax 0 96 33/80-614

E-Mail: [info.rohrglas@schott.com](mailto:info.rohrglas@schott.com)  
Internet: [www.schott.com/rohrglas](http://www.schott.com/rohrglas)

# Siliziumdioxid am Ende seiner Kräfte

Wissenschaftler der Technischen Universitäten Clausthal und Wien erforschten mittels Computersimulationen ein neues Material für noch kleinere und leistungsfähigere Transistorgenerationen. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse von Clemens J. Först, Karlheinz Schwarz - beide TU Wien - und Christopher R. Ashman sowie Peter E. Blöchl von der TU Clausthal wurden in der ersten Januar Ausgabe von "Nature" unter dem Titel "The interface between silicon and a high -k oxide" publiziert. (Nature 427, 53 (2004))

Je kleiner die Transistoren, desto schneller können sie schalten. Dadurch werden auch die Prozessoren immer schneller. Damit ein Transistor funktioniert, benötigt man eine dünne, isolierende Schicht, das Gatteroxid. Diese Schicht wird in wenigen Jahren nur noch ein Fünfzigtausendstel eines menschlichen Haares "dick" sein. Setzt man wie bisher Siliziumdioxid als Gatteroxid ein, kann man in einigen Jahren die Transistoren nicht mehr verkleinern und damit keine noch schnelleren Chips erzeugen. Weltweit zerbrechten sich Wissenschaftler seit Jahren den Kopf, wie der Weg der Miniaturisierung



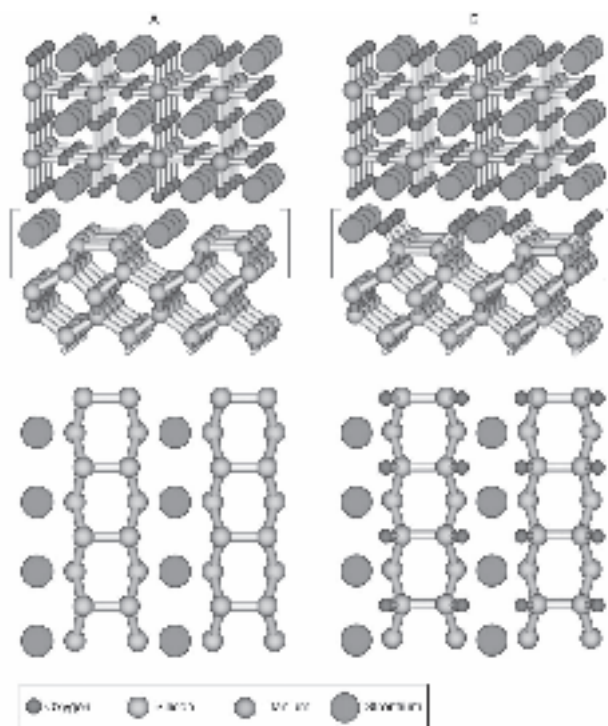
**Professor Blöchl: "Computersimulationen bringen Licht in atomare Dimensionen, bei denen man weitgehend blind war. "**

sierung dennoch weiter beschritten werden kann. So einfach die Lösung klingt, so schwierig ist ihre Verwirklichung: ein neues Material muss her.

Ist Siliziumdioxid - allgemein als Fensterglas bekannt - nur noch wenige Atomlagen dick, verliert es seine isolierende Eigenschaft. Im Transistor entsteht eine Art Kurzschluss. Also benötigt man ein Material, mit dem eine dickere und damit isolierende Schicht erzeugt werden kann, das sich aber sonst wie eine ultradünne Schicht à la Siliziumdioxid verhält. Das Ziel sollen ja noch kleinere und leistungsfähigere Transistoren sein. Strontiumtitanat hat sich dabei als einer der aussichtsreichsten Kandidaten herauskristallisiert. Bisher kannte man jedoch nur das Kochrezept, nicht aber das Zusammenwirken der einzelnen Zutaten. Dieses Wissensdefizit stand einer gezielten Weiterentwicklung im Weg. Dem Forscherteam aus Wien und Clausthal ist es nun erstmals gelungen, genau dieses Zusammenwirken herauszufinden. Sie können dank Computersimulationen den Herstellungsprozess der Oxidschicht erklären und damit aufzeigen, wie man deren elektrische Eigenschaften beeinflussen kann.

"Computersimulationen bringen Licht in atomare Dimensionen, bei denen man sonst weitgehend blind war," erklärt Prof. Blöchl von der TU Clausthal. Dank der Computersimulationen ist es dem Forscherteam gelungen, Atom für Atom aufzuklären, wie ein neues Gatteroxid - nämlich Strontiumtitanat - auf einen Siliziumwafer aufgebracht werden kann. "Man kann sich den Verbund aus Silizium und Strontiumtitanat wie zwei aufeinander gesteckte Legobausteine vorstellen", erklärt Clemens Först von der TU Wien das wesentliche Resultat. Festkörperoberflächen weisen ein charakteristisches atomares und elektronisches Muster auf, das durch die Anordnung der Atome bestimmt ist. Das Ladungsmuster der Oxidschicht, vergleichbar mit dem Steckmuster eines Legobausteines, passt zu dem Muster der mit Strontium abgesättigten Siliziumoberfläche.

Zukunftsweisend sind die Erkenntnisse der Forscher aus Wien und Clausthal auch in Bezug auf die elektrischen Eigenschaften. Vergleichbar mit einem Damm, der Wasser aufhält, stellt das Oxid eine Barriere für Elektronen dar. Je höher diese Barriere ist, desto besser sind die isolierenden Eigenschaften. Die Wissenschaftler konnten erstmals zeigen, dass die Barriere durch chemische Prozesse an der Grenzfläche entscheidend vergrößert werden kann. ►



**Der atomare Aufbau der Silizium-Strontiumtitanat Grenzfläche sowie Detailansicht der Grenzflächenstruktur.**

(A) In der unteren Hälfte sind einige Lagen des Siliziumsubstrates zu sehen. Die obersten Siliziumatome müssen durch Strontium chemisch abgesättigt werden, um einen stabilen Verbund mit Strontiumtitanat zu gewährleisten. Darauf aufgesetzt befindet sich dann das Strontiumtitanat.

(B) Durch Einbringen von Sauerstoff an die Grenzfläche (vergleiche A) kann die Barriere, die das Oxid den Elektronen entgegenstellt, entscheidend vergrößert werden.

Copyright der Abbildung: TU Clausthal/ TU Wien/ Nature





**Seit 1829 Hand in Hand mit der Hochschule: Die Grosse'sche Buchhandlung (links)**



Ihre Fachbuchhandlung für:

**Technik • Naturwissenschaften  
Bergbau • Umwelttechnik**

**GROSSE'SCHE BUCHHANDLUNG**

ADOLPH-ROEMER-STRASSE 12 • TEL. (0 53 23) 9390 - 0 • FAX - 20

grosse.harz.de • buch@grosse.harz.de

**D-38668 CLAUSTHAL-ZELLERFELD**

Dadurch können die Eigenschaften der Gatteroxide in Einklang mit technologischen Anforderungen gebracht werden.

Die Forschungsarbeit wurde im Rahmen des internationalen Forschungskonsortiums - Integration of very high-k dielectrics with silicon CMOS technology (INVEST) durchgeführt. Das Projekt wird vom 5. Rahmenprogramm für Technologie der Informationsgesellschaft (IST) der Europäischen Kommission gefördert.

Weitere Informationen:

Mag. Clemens Först  
Institut für Materialchemie  
Technische Universität Wien  
Getreidemarkt 9  
1060 Wien  
Tel.: +43-1-58801-15677  
Fax.: +43-1-58801-15698  
Privat : +43-650-9175878  
eMail: clemens.foerst@tuwien.ac.at

Prof. Peter E. Blöchl  
Institut für Theoretische Physik  
Technische Universität Clausthal  
Leibnizstraße 10  
D-38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel. +49(5323)722021 +49(5323)722555  
(Sekretariat)  
Fax: +49(5323)723116  
Privat : +49-5321-398937  
eMail: Peter.Bloechl@tu-clausthal.de  
<http://www.pt.tu-clausthal.de/atp/>

# Rissbildung mit Dämpfungsmessungen charakterisierbar

Die Dämpfung von Schwingungen in metallischen Werkstoffen aufgrund von Rissen ist in der Praxis qualitativ, als Phänomen, seit langem bekannt, so etwa beim Eisenbahnpersonal, dass früher die Gleisanlagen abschritt und die Schienen mit einem Stab anschlug um zu prüfen, ob sie einen Riss hätten. Verklingt der Klang des Schlags sehr schnell, kann dies zum Beispiel an losen Schrauben oder Rissen liegen.

Quantifizierende Untersuchungen zum Ermüdungszustand der Werkstoffe, welche erlauben die mittlere Risslänge und dem Übergangsbereich vom schadungsfreien zum geschädigten Zustand zu bestimmen, sind aber äußerst rar. Hierzu leistet Prof. Dr. Werner Riehemann vom Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik der TU Clausthal mit seinem Beitrag „Damping behaviour of AZ91 magnesium alloy with cracks“ in dem Sonderband der Fachzeitschrift „Material Science and Engineering“ (Materials Science and Engineering A, volume 370, issues 1-2 (2004) ) einen wesentlichen Beitrag. Mit der gemessenen Dämpfung und dem E-Modul der Probe kann der innere Risszustand nun charakterisiert werden. Somit liegt eine neue Methode zur zerstörungsfreien Prüfung des aktuellen Ermüdungszustandes metallischer Werkstoffe vor.

## DAS EXPERIMENT

Die AZ91-Stäbe wurden im Vakuum durch einen Elektromagneten zur Schwingung gebracht und nach dem Abschalten des Stroms die freie abklin-

gende Schwingung anhand der induzierten alternierenden Spannung gemessen. Im rissfreien Zustand folgte die Abklingrate der Amplituden dem Modell von Granato/Lücke. Bei sehr hohen Zahlen von Schwingspielen nahm die Dämpfung sprunghaft zu und die Abklingrate der Dämpfung veränderte sich vom exponentiellen Abfall hin zur Ausbildung charakteristischer „Bäuche“, die, korreliert mit Messungen zum E-Modul und elektromesspektroskopischen Untersuchungen, eindeutig den plötzlich aufgetretenen Rissen zugeordnet werden konnten und sogar genaueren Aufschluss über sie geben. Verschiedenen Arten der Wärmebehandlung führten zu einer teilweisen „Heilung“ insbesondere der kleineren Risse; weitere Erhöhungen der Schwingspiele führten zur Ausbildung neuer Rißzustände.

## INTERPRETATION

Mit Hilfe eines rheologischen Modells konnten die gemessenen Befunde nachgebildet und der Verteilung der Risslängen zugeordnet werden.

Weitere Informationen:

Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. habil. W. Riehemann

Agricolastrasse 6

D-38678 Clausthal-Zellerfeld,

Telefon: 0 5323-72 2603

Telefax: 0 5323-72 31 48

E-Mail: [werner.riehemann@tu-clausthal.de](mailto:werner.riehemann@tu-clausthal.de)



# Viertes Industriekolloquium „FERTIGEN IN FEINBLECH“

*Multi – Material – Design mit neuen Werkstoffen, Verfahren und Konzepten*

*Zu seinem vierten Industriekolloquium lud der an den Universitäten Clausthal und Hannover seit 1993 bestehende Sonderforschungsbereich „Fertigen in Feinblech“ (SFB 262) am 11. und 12. Februar in die Aula der TU Clausthal ein. Während die Forschungsergebnisse des Sonderforschungsbereichs, der Ende 2005 ausläuft, im Herbst des kommenden Jahres präsentiert werden sollen, bot dieses Kolloquium der Industrie erneut ein Forum, ihre Entwicklungen vorzustellen. Die Tagung zählte 25 Vorträge, eine begleitende Ausstellung und 100 Teilnehmer aus der Metall- und Automobilindustrie.*

Der Sonderforschungsbereich „Fertigen in Feinblech“ ist in drei Projektbereiche aufgeteilt, wie Professor Dr.-Ing. Heinz Palkowski, Sprecher des SFBs eingangs skizzierte: „Diese umfassen die Werkstoffreaktionen und den Stofffluss beim Umformen und Fügen, die Ermittlung optimaler Prozessabläufe beim Fertigen in Feinblech sowie die Charakterisierung der Feinblech- und Bauteileigenschaften durch geeignete Kennwerte.“ Der SFB 362 wird an der TU Clausthal getragen von den Instituten für Metallurgie, Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit und Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren, sowie an der Universität Hannover von den Instituten für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen und Werkstoffkunde.

## ZUKÜNFTIGE WERKSTOFFE IN DER AUTOMOBIL-INDUSTRIE

Dr.-Ing. Ulrich Jaroni, Vorstandsmitglied der ThyssenKrupp Stahl AG, und Dr.-Ing. Markus Weber, ThyssenKrupp Stahl AG, referierten über den Einsatz moderner Mehrphasen-Stähle in der Automobilindustrie. Zur Gruppe der Mehrphasen-Stähle gehören Dualphasen-, Restaustenit- (TRIP), Complexphasen- und Martensitphasenstähle. Sie decken einen Festigkeitsbereich zwischen 500 und 1400 Mpa ab. Ihr Festigkeits-Duktilitäts-Profil ist durch eine Kombination harter und weicher Gefügephasen geprägt. Mehrphasenstähle vereinen hohe Festigkeit mit gleichzeitig gutem Umformverhalten. Nach dem Umformen kann das Festigkeitsverhalten an einigen Stahlsorten noch durch den Bake-Hardening-Effekt verbessert werden. Bei Einsatz von werkstoffgerechten Konstruktionskonzepten lässt sich das Potenzial moderner Mehrphasen-Stähle im Karosserieleichtbau dabei noch weiter ausschöpfen.

## EINSEITIGE FIXIERUNG DER ENERGIEPOLITIK AUF KLIMAVORSORGE GEFÄHRDET STAHLINDUSTRIE – GESPRÄCHE MIT BMU ABGEBROCHEN

Professor Dr.-Ing. Dieter Ameling, Präsident der Wirtschaftsvereinigung Stahl und Vorsitzender des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf, berichtete zum Einen über den im letzten Jahrzehnt mit hoher Geschwindigkeit gewachsenen Marktanteil Asiens, speziell Chinas am Stahlmarkt, und zum Anderen von den politischen Auseinandersetzungen der Wirtschaftsvereinigung Stahl mit dem Bundesumweltministerium (BMU) zum ab 2006 beginnenden Kohlendioxid-Emissionshandel. Professor Ameling teilte mit, dass die Wirtschaftsvereinigung Stahl die Gespräche mit dem Bundesumweltminister am 29. Januar vorerst abgebrochen habe. Energiepolitik müsse Standort- und Industriepolitik sein, eine einseitige Fixierung auf die Klimavorsorge gefährde Arbeitsplätze und trage zum Klimaschutz nicht nennenswert bei. Die verlangten Reduktionen trügen nur mit 0,1 Prozent zur Reduktion des weltweiten CO<sub>2</sub>-Ausstosses bei, hätten aber sehr wohl das Potenzial Arbeitsplätze in Deutschland zu zerstören.

## ALUMINIUM – BASISWERKSTOFF FÜR MULTI-MATERIAL-DESIGN

Dipl.-Ing. Karl-Heinz von Zengen, Automotive Manager der EAA – European Aluminium Association aus Brüssel in Belgien berichtete über Aluminium als Basiswerkstoff für ein Multi-Material-Design. So ist für zukünftige Modelle vorgesehen den tragenden Bereich der Karosse um den Motorblock aus Aluminium zu fertigen und mit der Stahl-Zelle mechanisch zu fügen und zu verkleben, um so das fahrtechnisch unerwünschte Ungleichgewicht in der Gewichtsverteilung etwas abzumildern. Herrn von Zengen stellte die Ergebnisse einer Studie vor, die zeige, dass bei intensiver Anwendung von Aluminium im PKW, die Gewichtsspirale der letzten zwei Jahrzehnte unter Beibehaltung der heutigen Sicherheits- und Komfortansprüche zurückgedreht werden könne, ein Plus auch für die angepeilte Senkung der Emissionen.

## NEUE WERKSTOFF- UND VERFAHRESENTWICKLUNGEN BEI DER AUDI AG – EIN ÜBERBLICK

Dr.-Ing. Anton Stich von der AUDI AG, berichtete über neue Werkstoff- und Verfahrensentwicklungen des Ingolstädter Unternehmens. Dazu zählen:

- temperaturbeständigere Metalle mit hoher Warmfestigkeit und Kriechbeständigkeit aus Aluminium, Magnesium oder Titanaluminid
- Leichtmetalllegierungen mit höherer gewichtsspezifischer Festigkeit und Steifigkeit
- höher und höchstfeste Stähle
- tailored-rolled/-welded blanks sowie hybride Bleche
- faserverstärkte Leichtmetalle und Kunststoffe
- und (faserverstärkte) Keramik oder silicierter Kohlenstoff
- Schäume.

Aber auch die funktionalen Oberflächenentwicklungen, wie PVD, CVD und Plasma-Beschichtungstechnologien, inklusive der Nanotechnologien, bilden Entwicklungsschwerpunkte der Audi AG. Hinzu kommen den Werkstoffen angepasste, prozessoptimierte Formgebungs- und Fügetechnologien, wie beispielsweise das Innenhochdruckformen, das Warmpresshärten oder das Stanzniet- und Punktschweisskleben.

## WARMUMFORMBARE VORBESCHICHTETE-ULTRA-HOCHFESTE BORSTÄHLE – EINE LÖSUNG FÜR DAS FESTIGKEITS-UMFORMBARKEITS-DILEMMA?

Klassischerweise schließen sich hohe Festigkeit und gute Umformbarkeit aus. Jean-Pierre Laurent stellte für das französische Unternehmen Arcelor aus Montataire das Werkstoffkonzept USIBOR vor. Hierbei handelt es sich vorbeschichtete, ultrahochfeste Borstähle, die in einer Heißpresse umgeformt werden. Mit der richtigen Führung der Abkühlgeschwindigkeit (27K/s) entsteht dann nach der Umformung eine harte Martensitphase. Aufgrund der sehr rauen Mikrostruktur der Oberfläche kann auf eine Nitrierung der Oberfläche für die Lackhaftung verzichtet werden.

## DAS ATLAS-SPACEFRAMEPROJEKT

Dr.-Ing. Christian Fritzsche und Dr.-Ing. Wilko Flüge, beide tätig in der Salzgitter Mannesmann Forschung, stellten das ATLAS-Projekt (Advanced Technologies for Light-weight Autobodyes in Steel) vor, ein gemeinsames Entwicklungsvorhaben der Salzgitter AG und der Wilhelm Karman ▶

GmbH. In diesem Projekt wurde die Rohkarosse eines Cabrios zunächst virtuell, dann real gefertigt – unter Einsatz neuester Fertigungs-, und Verbindungstechnologien, neuer Stahlsorten und der Spaceframetechnologie. Die Zielsetzung, das Gewicht der betrachteten Serienkarosserie um über 30 Prozent zu senken, bei gleichzeitiger Steigerung der Karosseriesteifigkeit und der Betriebsfestigkeit, konnte bei einigen Kriterien noch übertroffen werden.

### **BAKE-HARDENING-EFFEKT UND PROZESSFÜHRUNG WARM- UND KALTGEWALZTER MEHRPHASENSTÄHLE**

Der BH-Effekt ist eine Folge diffusionsgesteuerter Prozesse. Diese können in der Wanderung von interstitiellen Atomen (Kohlenstoff, Stickstoff) zu Versetzungen und deren Blockierung bestehen bzw. zur Bildung festigkeitswirksamer Ausscheidungen führen. BH kann somit auch als Alterungsvorgang bei erhöhten Temperaturen beschrieben werden. Ohne eine Vorverformung ist bei Mehrphasenstählen eine hohe Stabilität gegen Raumtemperaturalterung festzustellen. Im vorgereckten Zustand, bei einem umgeformt angelieferten Bauteil wird der BH-Effekt bereits bei niedrigen Temperaturen bis hin zu Raumtemperatur aktiviert. Deshalb sollten, so empfehlen die Referenten, mehrstufige Umformvorgänge zeitlich dicht aufeinander durchgeführt werden (Dipl.-Ing. Thomas Gerber und Dr.-Ing. Jian Bian, Werkstoffkompetenzzentrum Werkstoffentwicklung der ThyssenKrupp Stahl AG).

### **VERHINDERUNG DER BILDUNG VON „FISCHSCHUPPEN“ BEI EMAIL-SCHICHTEN AUF WARM- UND KALTGEWALZTEN FEINBLECHEN**

Bei warmgewalztem Stahl wird dies durch eine gezielte Erzeugung heterogener Ausscheidungsprodukte von Nitriden, Carbiden, Carbidnitriden, Sulfiden usw. im Mikrogefüge des Stahls erreicht. Für eine gute Fischschuppenbeständigkeit sind bei kaltgewalzten Blechen eine geeignete Gefügeausbildung und Ausscheidungsprozesse wichtig. In mikrolegierten IF-Stählen (Interstitial Free) mit noch geringerem Kohlenstoffgehalt müssen die Verfahrensbedingungen so gewählt werden, dass Ausscheidungsprodukte in einer solchen Form gebildet werden, dass eine hohe Fischschuppenbeständigkeit sichergestellt, gleichzeitig die gute Umformbarkeit aber nicht beeinträchtigt wird (Dr. Joachim Schöttler und Dr. Volker Flaxa, Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH).

### **NEUE PROZESSFÜHRUNG FÜR PVD-BESCHICHTUNG METALLISCHER PLATTEN UND BÄNDER**

Dr. Christoph Metzner, Frank-Holm Rögener, Dr. Jens-Peter Heißen und Dr. Bert Scheffel, Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik, (FEP), Dresden, berichteten über die PVD-Beschichtung metallischer Platten und Bänder (PVD= Physical Vapour Deposition). Mit dem PVD-Verfahren der Vakuumbedampfung, in erster Linie der Hochrate-Elektronenstrahl-Bedampfung (EBHD) ist eine kontinuierliche Beschichtung mit hoher Produktivität und relativ dünnen abgeschiedenen Schichten möglich. Bislang verhinderte aber ein ausgeprägtes stengelförmiges Gefüge der aufwachsenden Schichten die Eignung derartiger Überzüge als Korrosionsschutz; der Grund hierzu ist die geringe Energie der Dampfteilchen. Das Problem zu lösen, indem die Temperatur der abgeschiedenen Substratteilchen erhöht wird, scheidet aus, weil dies deren mechanische Eigenschaften beeinträchtigen würde. Die plasmaaktivierte Bedampfung ist als Verfahrensweg seit langem bekannt, fiel aber bislang aus, weil keine leistungsstarken Quellen für dichte Plasmen bekannt waren, die eine hohe und zugleich großflächige Beschichtungsrate ermöglichen. Dieser Aufgabe widmeten sich in den letzten Jahren vor allem deutsche Firmen und das Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik. Es wurden drei Prozesse auf der Grundlage der Kombination der EBHD mit verschiedenen geführten Bogenentladungen entwickelt, mit denen glatte, korrosionsbeständige Überzüge aufgebracht werden konnten.

### **MATERIALFLUSS-OPTIMIERUNG ZWISCHEN TAKT- UND LOSGRÖSSEN-GEBUNDENEN FERTIGUNGSPROZESSEN**

Prof. Dr.-Ing. Volker Thoms, Institut für Produktionstechnik der TU Dresden, berichtete über eine Prozessoptimierung bei welcher losgrößengebundene

Presswerkstechnik verknüpft mit getakteten Fertigungszyklen in der Roh- und Endmontage, durch den Einsatz mehrerer, variabel einsetzbarer Pressen so mit der Taktproduktion koordiniert werden konnte, dass Umrüstzeiten und Lagerhaltungskosten vermieden wurden. Dieses werde an Bedeutung gewinnen, wenn beschichtete Materialien ohne herkömmliche „Lackierung“ in die Fertigung Eingang finden.

### **NEUE SCHMIERSTOFFE FÜR DIE BLECHUMFORMUNG**

Dipl.-Ing. Georg Gisbert Zibulla, Razil Zibulla & Sohn GmbH, Iserlohn, stellte die firmeneigene Entwicklung eines neuen polymerbasierten Schmierstoffes für die Umformtechnik vor. Es ist frei von Chlor und Schwermetallen und enthält keine umweltschädlichen Lösungsmittel oder Additive, es kann in minimalen Auftragsmengen (kleiner 0,5 Gramm je m<sup>2</sup>) aufgebracht werden, tropft auch bei längeren Standzeiten von den Coils nicht ab.

### **STOFFFLUSSMESSUNG MIT OPTISCHEN SENSOREN ZUM AUFBAU WIRKLICHKEITSNAHER FEM-SIMULATIONSMODELLE**

In einem geschlossenen Tiefziehwerkzeug wird mit dem optischen Sensor der Stofffluss während eines Umformprozesses gemessen. Auf Basis des unmittelbaren Vergleichs der Stoffflussmesswerte aus Experiment und Simulation wird das FEM-Modell mit einem rotationssymmetrischen Ziehteil soweit kalibriert, dass das Simulationsmodell möglichst exakt mit den Versuchsdaten übereinstimmt. Auf diese Weise wird das Verhalten des Werkstoffs unter der Umformung in der Simulation realistisch abbildbar. Erst dies lässt die Umformsimulation zu einer wirklichen Unterstützung bei der Konzeption der Prozessauslegung werden (Prof. Dr.-Ing. Eckart Doege, Prof. Dr.-Ing. Bernd-Arno Behrens, Dr.-Ing. Hans-Joachim Seidel, Dipl.-Ing. Jae Woong Yun, Dipl.-Ing. Christina Sunderkötter, Dipl.-Ing. Amer Sabtovic, Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen, Universität Hannover).

### **REGELSTRATEGIEN FÜR BLECHUMFORMPROZESSE**

Dipl.-Ing. Sören Scheffler und Dr. Hans Bräunlich vom Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik berichteten über die erfolgreiche Entwicklung einer Prozessregelung an konkreten Umformbauteilen. Die Maß- und Formhaltigkeit der Fertigteile konnte verbessert und die Fehlerquote gesenkt werden. Dafür wurde am Blecheinzug des Niederhalters einer Try-out Presse zur Erfassung des Blecheinzuges ein Laser-Triangulationssensor angebracht. Das Messsystem war somit in der Lage, den Blecheinzug über dem Stößelweg aufzuzeichnen und dies mit einer Genauigkeit von 0,03 Millimeter bei 10 kHz Taktfrequenz (Messbereich 10-200 mm). Die 16-Punkt Kissensteuerung, wobei jede Achse als Druck- oder Wegachse betrieben werden kann, wurde um einen separaten Regelungsprogramms in die Kissensteuerung modifiziert, welches eine von der Pressensteuerung unabhängige, zusätzliche Niederhalter-Kraftänderung während des Presshubes ermöglichte. Die Kopplung beider Systeme ermöglichte die erfolgreiche, qualitätsverbessernde Online-Regelung des Prozesses. Die Sensorik und die Regeltechnik funktionierte störungsfrei unter Versuchs- und Fertigungsbedingungen. Der Einsatz von Prozessregelungen scheitert derzeit immer noch an den Investitionskosten, die aber nur scheinbar hoch sein müssen. Mit einem universellen Überwachungs- und Regelsystem für das gesamte Fertigungsspektrum sinken die spezifischen Kosten. Dafür müssen aber auch die Umformpressen bereits auf diese zusätzlichen Komponenten angepasst konstruiert werden.

### **LOKALE WÄRMEBEHANDLUNG VON ALUMINIUM-PLATINEN ERWEITERT DIE FORMGEBUNGSGRENZEN BEIM TIEFZIEHEN**

Dr.-Ing. Marion Merklein und Dipl.-Ing. Michael Kerausch, Institut Fertigungstechnik und Maschinenbau der Universität Erlangen-Nürnberg, referierten über eine neue Methode der lokalen Wärmebehandlung einer Aluminiumplatte mittels Nd:YAG Laser (max. Leistung 4kW im continuous wave (cw)-Modus) unmittelbar vor der Umformung. So wurde der Werkstoff temporär und lokal durch Ausscheidungsauflösungen entfestigt und somit ►



besser umformbar: Der Materialfluss kann so gesteuert werden, dass eine rissfreie Umformung auch kritischer Bauteile und Geometrien möglich wird. Durch den Einsatz von thermischen und mechanischen Simulationsrechnungen konnten grundlegende Bestrahlungsstrategien für spezifische Bauteilgeometrien entwickelt werden.

## **MODERNE BEÖLUNGSGERÄTE FÜR UMFORMPROZESSE**

Die Vor- und Nachteile verschiedenster moderner Beölungsgeräte für Umformprozesse stellte detailliert und aufgeschlüsselt an Auftragsmedien/Hilfsstoffen, technologischen Anforderungen quantitativer und qualitativer Art Dipl.-Ing. Jürgen Jahnke, Projektingenieur bei der RAZIOL Zibulla & Sohn GmbH vor.

## **LOCH- und GEWINDEFORMENDES VERSCHRAUBEN**

Das Verfahren kombiniert das Fließlochformen und das Gewindefurchen. Dabei wird die für das Fließlochformen benötigte Reibungswärme durch eine entsprechend hohe Schrauberndrehzahl in das Fügematerial eingeleitet. Die Spitzengeometrie der Schraube erzeugt einen Durchzug im Fügematerial, in den die Schraube das Muttergewinde einformt. Durch den spielfreien Eingriff von mehreren Gewindengängen ist die hergestellte Verbindung wasser- und gasdicht und kann sowohl hohe Anzugsfestigkeiten als auch hohe Schubbelastungen übertragen (Dipl.-Ing. Ralf Birkelbach EJOT GmbH & Co, Bad Laasphe).

## **LASER- UND NONVAKUUM-ELEKTRONENSTRAHLSCHWEIßEN HÖHERFESTER STAHLWERKSTOFFE**

Das Nonvakuum-Elektronenstrahlschweißen, bislang vorwiegend zum Schweißen von Aluminiumwerkstoffen eingesetzt, ist auch für das Schweißen von höher- und hochfesten Stahlfeinblechen, insbesondere für verzinkte Bleche wegen der hohen Schweißgeschwindigkeiten und der guten mechanisch-technologischen Eigenschaften der Schweißnähte geeignet. Zu diesem Resultat kamen Untersuchungen an verzinkten Stählen, ZStE300, DP-K34/60, CP-W800 und MS-W1200 - auch ohne Einsatz von Zusatzwerkstoff mit guten Schweißergebnissen. An einem bainitischen Federstahl mit einem Kohlenstoffäquivalent von  $CE(IIW)=0,7$  auf Basis von C 60S konnte gezeigt werden, dass über eine serielle induktive Nachwärmung von Laserstrahlschweißnähten die Schweißnahteigenschaften an den Grundwerkstoff angepasst werden konnten (Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. med. h.c. Heinz Haferkamp, Dr.-Ing. Jens Bunte, Dipl.-Ing. Oliver Meier, Laser Zentrum Hannover e.V. Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bach, Dr.-Ing. Ralf Versemann, Dipl.-Ing. Katharina Flade, Dipl.-Ing. Axel Bormann, Institut für Werkstoffkunde, Universität Hannover).

## **EINFLUSS DER PROZESSFÜHRUNG AUF DAS KORROSIONSV ERHALTEN PLASMAGELÖTETER OBERFLÄCHENVEREDELTER FEINBLECHE**

Das Schweißen verzinkter Feinbleche bereitet oft Probleme. So verdampft bei den hohen Temperaturen leicht der Zinküberzug zu beiden Seiten der Naht und der Schweißprozess verläuft unruhiger, auch kann die Sicht durch Zinkoxiddämpfe erschwert sein. Hochwertige Verbindungen oberflächenveredelter Feinbleche können unter Schutzgas plasmagelötet werden, sofern die richtigen Prozessparameter berücksichtigt werden. Diese sind beim mechanisierten Lötten mit Hilfe eines Roboters zum Einen die wesentlichen Positionierparameter:

- Brennerabstand Blech-Düse
- Neigungswinkel des Brenners zum Blech
- Winkel der Drahtzufuhr

und zum Anderen die Wahl des Schutzgases, welche das Benetzungsverhalten und die Lötnahtausbildung beeinflussen. Dies vorausgesetzt lassen sich Lötgeschwindigkeiten bis zu 1,4 m/min und eine Spaltüberbrückbarkeit bis zu einer Spaltbreite von zwei Millimetern erzielen, sowohl an I-Nähten als auch an Kehlnähten am Überlapppstoß. Der Grundwerkstoff wird thermisch nahezu nicht beeinflusst, im Zugversuch werden die Werte des Grundwerk-

stoffs erreicht. Beim Plasmalöten unter Wolfram-Schutzgas ist die Korrosionsbeständigkeit noch befriedigend, hierfür besteht noch Qualifizierungsbedarf. Die Untersuchungen zum mechanisierten Plasmalöten haben die prinzipielle Eignung des Verfahrens gezeigt (Prof. Dr. Volkmar Neubert, Institut für Materialprüfung und Werkstofftechnik Dr. Dölling + Dr. Neubert GmbH, Dr.-Ing. Antonia Schram und Prof. Dr.-Ing. Volker Wesling, Institut für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren der TU Clausthal).

## **LASERMATERIALBEARBEITUNG MIT HANDGEFÜHRTEN SYSTEMEN**

Ein handgeführtes Laserschweißsystem für Unikate, Kleinserien oder das Reparaturschweißen stellten Dr.-Ing. Christian Schmid und Dr.-Ing. Matthias Busch, Mobil Laser Tec GmbH, Wolfsburg vor: Die Laserleistung wird über eine Lichtleitfaser an das Bearbeitungsgerät geführt. Eine miniaturisierte Bearbeitungsoptik mit Sicherheitssensoren sorgt dafür, dass der Laserstrahl nur freigegeben wird, wenn der Kopf auf dem zu bearbeitenden Werkstück aufliegt. Der Laser kann kontinuierlich (cw) oder gepulst (pw) betrieben werden, mit Vorschubgeschwindigkeiten bis zu 2,5 m/min im cw-Modus. Im pw-Modus (Pulsfrequenz kleiner 10 Hz, Pulsdauern kürzer 10 ms) lassen sich diskrete Schmelzbäder erzeugen, nach jedem Puls erstarrt der Werkstoff vollständig, so entsteht eine Schweißnaht mit größerer Toleranz gegenüber Schwankungen der Vorschubgeschwindigkeit. Zusätzlich kann durch ein einfaches Austauschen des Prozessmoduls der Schweißkopf in einen manuellen Schneidkopf umgewandelt werden.

## **KURZZEITANLASSEN DER SCHWEISSNAHT VERBESSTERT UMFORMBARKEIT - NUR BEI MARTENSITISCHEM GEFÜGE UND HOHEN KOHLENSTOFFGEHALTEN**

Die Integration von hochfesten Stahlbauteilen in die Karosseriestruktur erfordert eine geeignete Fügetechnik, die hinreichende Umformeigenschaften der Verbindungszone gewährleistet, um im extremen Belastungsfall (Crash) eine optimale Energieabsorption in der Karosserie sicherzustellen. Um ein martensitisches Nahtgefüge mit den im Falle eines Crashes negativen Folgeerscheinungen eingeschränkter Umformbarkeit und erhöhter Härte zu vermeiden, dieses tritt bei hochfesten Stählen mit hohem Kohlenstoffäquivalent und hohen Abkühlraten auf, untersuchten Haferkamp et. al. - mit positivem Resultat - eine prozessintegrierte induktive Wärmebehandlung der Schweißnaht (Kurzzeitanlassen, im Bereich weniger Sekunden). Das Verfahren eignet sich für Stähle mit hohem Kohlenstoffgehalt und überwiegend martensitischen Gefüge nach dem Laserstrahlschweißen. Keine nennenswerten Verbesserungen ergaben sich bislang bei Stählen mit geringerem Kohlenstoffgehalt sowie guter Anlassbeständigkeit bzw. bainitischen Gefügebestandteilen (Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. med. h. c. Heinz Haferkamp, Dr.-Ing. Andreas Ostendorf, Dr.-Ing. Jens Bunte, Dipl.-Ing. Oliver Meier, Laser Zentrum Hannover e.V.; Dipl.-Ing. Axel Bormann, Institut für Werkstoffkunde, Universität Hannover, Dipl.-Ing. Holger Schülbe, Institut für Elektrothermische Prozesstechnik, Universität Hannover).

## **BERECHNUNGSKENNWERTE FÜR FEM-SIMULATIONEN ERMITTELT**

In einem Gemeinschaftsprojekt der Stahl- und Automobilindustrie wurden an 20 Feinblech-Stählen Kennwerte für die FEM-Simulation ermittelt. Im Einzelnen handelte es sich um elastische, plastische und zyklische Kennwerte. Die untersuchten Stähle unterschieden sich hinsichtlich ihrer Ausgangsgefüge und Legierungskonzepte, wobei neben verschiedenen einphasigen ferritischen Stählen auch mehrphasige Stähle wie Dualphasen-, Complexphasen- und TRIP-Stähle sowie zwei austenitische nicht rostende Stähle erfasst wurden. Die Stähle wurden sowohl im Ausgangszustand als auch nach definierten Vorverformungs- und Wärmebehandlungszuständen untersucht. Eine „Prüf- und Dokumentationsrichtlinie“ über die Vorgaben zur Herstellung dieser Zustände fand Eingang in die von der Automobilindustrie realisierten Werkstoffdatenbank. Den elastischen, plastischen und zyklischen Prüfungen wurde eine Eingangsprüfung vorgeschaltet. Dabei wur- ▶





**Prof. Dr. Ameling, Präsident der Wirtschaftsvereinigung Stahl, Dipl.-Ing. Freytag, Salzgitter Flachstahl, Prof. Dr.-Ing. Draugelates, Prof. Dr. Schaumann, Präsident der TU Clausthal, Dipl.-Ing. Anke, Geschäftsführer des Sonderforschungsbereichs „Fertigen in Feinblech „ (SFB 362), Prof. Dr.-Ing. Palkowski, Sprecher des SFB 362. Foto: Oliver Stade, Goslarische Zeitung.**

den die Stähle hinsichtlich ihrer Gefügeausbildung, Oberfläche, chemischen Zusammensetzung und mechanischen Eigenschaften im quasistatischen Zugversuch vollständig charakterisiert. Es hat sich gezeigt, dass Werkstoffgruppen mit nahezu gleicher Verfestigungscharakteristik existieren, sodass eine rechnerische Vorhersage von Kennwerten und Fließkurven artverwandter Stähle möglich erscheint. Diese Thematik steht in einem Nachfolgeprojekt im Mittelpunkt der Untersuchungen (Dr.-Ing. Gregor Steinbeck, Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Bleck, Institut für Eisenhüttenkunde, RWTH Aachen, Dr.-Ing. Claus Peter Bork, Bundesanstalt für Materialforschung- und -prüfung, Berlin, Dr.-Ing. Thomas Evertz, Mannesmann Forschung GmbH, Salzgitter, Dipl.-Ing. Andreas Frehn, Institut für Eisenhüttenkunde, RWTH Aachen, Dr.-Ing. Rainer Masendorf, Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal, Prof. Dr.-Ing. Cetin Morris Sonsino, Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit, Darmstadt).

#### **LEBENSDAUERPROGNOSE FÜR FEINBLECHSTRUKTUREN VERBESSERT**

Die Lebensdauerberechnung von Feinblechen, die bereits gefügt und umgeformt sind, ist schwierig, weil die dafür erforderlichen wesentlichen Parameter, Nennspannungen und Kerbformzahl, nicht identifiziert werden können. Bei dem so genannten „örtlichen Konzept“ finden Werkstoffkennwerte Eingang, welche den Einfluss der Umformung auf das zyklische Werkstoffverhalten und die Auswirkungen von Schweißnähten erfassen. Damit konnte die Treffsicherheit der Lebensdauervorhersage verbessert werden; in Zukunft soll dieses Konzept auch für wechselnde Beanspruchungsamplituden angewandt werden (Prof. Dr.-Ing. Alfons Esderts, Dr.-Ing. Rainer Masendorf, Dipl. Math. Karsten Nikkel und Dipl.-Ing. Rainer Wagener, Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit, TU Clausthal).

#### **DREIDIMENSIONALES KANTENINSPEKTIONSSYSTEM**

Ein industrietaugliches Messsystem, mit dem dreidimensional die Stanzkante einer Stahlplatte erfasst und so die Qualität der Schneidwerkzeuge beurteilt, wie auch die optimale Paarung von Platinen für ein Verbindungsschweißen ermittelt werden kann, stellten Dipl.-Ing. Helmut Hlobil und Dipl.-Ing. Dr. Johann Reisinger von der voestalpine MECHATRONICS GmbH, Österreich, vor.

#### **FEINBLECHPRÜFUNG MIT MIKROMAGNETIK NOCH NICHT MIT EINDEUTIGEN ERGEBNISSEN**

Bei Massivbauteilen wird die mikromagnetische Charakterisierung mittels Barkhausenrauschmessungen (Sprünge in der Hystereseschleife der Magnetflussänderung bei angelegtem äußeren Wechselfeld) erfolgreich eingesetzt. Das Verfahren lässt sich aber immer noch nicht auf die Charakterisierung von Feinblechen übertragen, weil sich die durch den Walzvorgang eingebrachte Textur störend auf die Messung auswirkt. In einem jüngst abgeschlossenen Forschungsvorhaben ist man der Lösung des Problems insofern näher gekommen, als die Magnetisierbarkeit über alle Winkel zur Walzrichtung gemessen wird, um so den störenden Textureinfluss herausrechnen zu können (Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena, Dipl.-Ing. Jan Cord Becker, Dr. rer. nat. Bernd Breidenstein, Dipl.-Geol. Christian Spille, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, Universität Hannover).

Zu dem Kolloquium ist ein Tagungsband erschienen, der über das SFB-Sekretariat, Frau Lüer, Institut für Metallurgie, Robert-Koch-Straße 42, 38678 Clausthal-Zellerfeld, email: [sfb362@tu-clausthal.de](mailto:sfb362@tu-clausthal.de), [thorsten.anke@tu-clausthal.de](mailto:thorsten.anke@tu-clausthal.de), Tel. 05323 72 3193, Fax. 05323 72 3527 bestellt werden kann. Bei weiteren Fragen können Sie sich an Herrn Dipl.-Ing. Thorsten Anke, Geschäftsführer des SFB 362, [thorsten.anke@tu-clausthal.de](mailto:thorsten.anke@tu-clausthal.de) Tel. 05323 72 22 65, Fax. 05323 72 3527 wenden.

## **MOBIL LASERTEC**

GmbH

#### **Unsere Produkte für Sie:**

- **Handgeführte Bearbeitungsköpfe** für die Materialbearbeitung an pw und cw Nd:YAG Laserquellen
- **Mobile Lasersystem** bestehend aus mobiler Laserquelle und Handabgabetechnik

#### **Unsere Dienstleistungen für Sie:**

- **Vor-Ort-Service** mit mobilen Lasersystemen. Laserauftragsschweißen, Laserschneiden und -schweißen
- **Lohnfertigung** Laserschweißensschneiden und -löten bis 4 mm Wanddicke von Prototypen, Kleinserien und Serienteilen. Automatisiertes oder handgeführtes Arbeiten
- **Beratung und Schulung** zum Einsatz mobiler, handgeführter Lasersysteme

**Fordern Sie ein kostenloses unverbindliches Angebot bei uns an**

## **MOBIL LASERTEC**

GmbH

Heinenkamp 24  
38444 Wolfsburg

Tel.: 05308 - 4 04 93 30  
Fax: 05308 - 4 04 93 40  
[www.mobil-lasertechnik.de](http://www.mobil-lasertechnik.de)

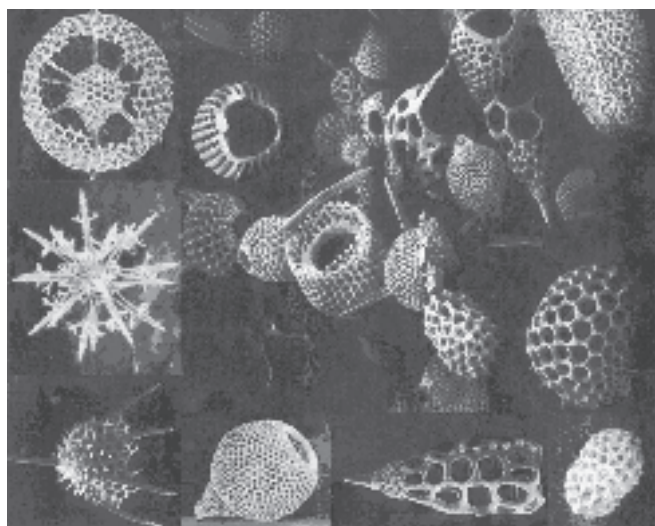
# Recycling von Kieselgur aus Brauerei-Filterschlämmen

*Am Institut für Aufbereitung und Deponietechnik der TU Clausthal wurde in Zusammenarbeit mit den Heinrich Meyer-Werken Breloh GmbH & Co. KG, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, ein neues nass-mechanisches Recyclingverfahren für Kieselgur aus Brauerei-Filterschlämmen entwickelt. Es ermöglicht, die mit Hefe und organischen Trübstoffen verunreinigten Kieselgur-Filterschlämme produktionsintegriert aufzubereiten und im Kreislauf zu fahren. Das neue Verfahren wurde auf der diesjährigen Hannover-Messe vom 19. -24. April 2004 am Gemeinschaftsstand Innovationsland Niedersachsen in der Halle 18, 1. OG, Stand 003, vorgestellt.*

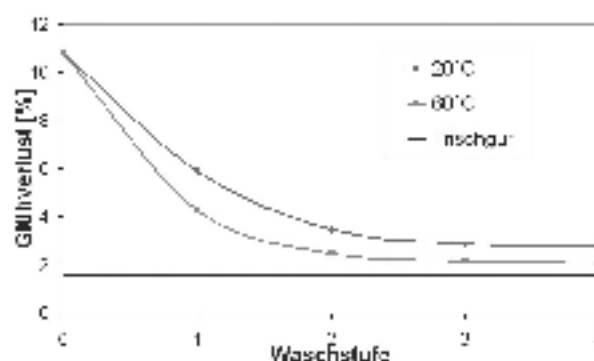
Das Verfahren basiert auf einem mehrstufigen Gegenstrom-Waschprozess. Dazu werden die verunreinigten Schlämme nach einer Konditionierung mehrfach mit Wasser dispergiert und einer Dichtentrennung unterzogen. Für die Konditionierung scheidet der Einsatz von Tensiden und Enzymen aus, da Vorbehalte gegen diese Reagenzien im Lebensmittelbereich bestehen.

Es gelang, durch Waschen unter schwach alkalischen Bedingungen (pH 10) bei Verwendung von Warmwasser, das in Brauereien im Überschuss zur Verfügung steht, auf jegliche Reagenzien zu verzichten und die Kieselgur-Filterschlämme weitgehend von organischen Verunreinigungen zu befreien (Abb. 2). Dem Filtermittel zugesetzte Stabilisierungsmittel (z.B. Kieselgele) werden bei dieser Aufbereitung ebenfalls teilweise regeneriert.

Die Dichtentrennung im Waschprozess lässt sich durch Sedimentation realisieren, was jedoch zu sehr langen Absetzzeiten beim Scale-up führt. Deshalb werden optimierte Mini-Hydrozyklone mit einem Nenn-Durchmesser von 10mm erfolgreich eingesetzt. Durch sehr hohe Zentrifugalkräfte (bis zu 10000 G) werden große Durchsätze bei einer Produktausbeute bis zu 80% ermöglicht. Die recycelte Filtermittel-Suspension entspricht etwa der Qualität frischer Filtermittel und kann somit direkt wieder in der Anschwemmfiltration verwendet werden.



Kieselgur-Partikel, rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.



Abnahme des Organikgehalts durch den Waschprozess

Das anfallende organikhaltige Abwasser lässt sich problemlos mit der üblichen kommunalen biologischen Klärtechnik reinigen.

Nach Abschluss der umfangreichen Verfahrensentwicklung im Labormaßstab und der verfahrenstechnischen Umsetzung mit Hilfe einer Versuchsanlage wurde in Zusammenarbeit mit der Firma ATM Vlotho GmbH eine industrietaugliche Technikumsanlage projektiert und gebaut, die gegenwärtig in einer Brauerei eingefahren wird.

## Hintergrund:

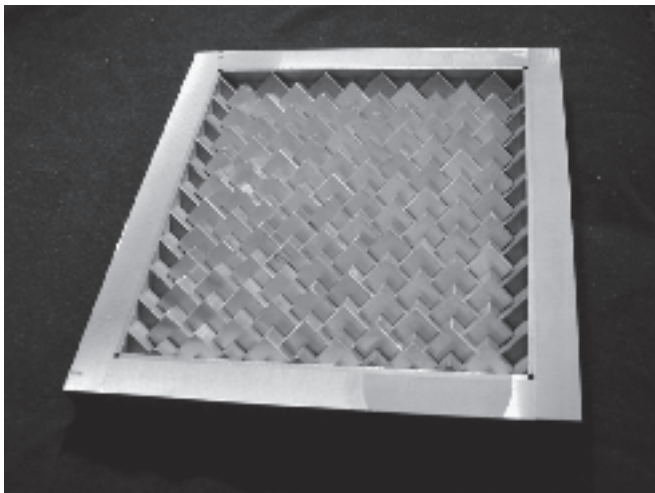
Zur Klarfiltration von Bier wird weltweit Kieselgur als Filterhilfsmittel eingesetzt. Kieselgur ist ein wertvoller, natürlich vorkommender mineralischer Rohstoff, der aus winzigen (ca. 15µm) porösen Schalen abgestorbener Kieselalgen (Diatomeen) besteht. Die in deutschen Brauereien anfallenden Filterschlämme betragen ca. 72.000 t/a und werden zur Zeit überwiegend landwirtschaftlich verwertet oder deponiert. Im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes ist jedoch eine möglichst hochrangige Verwertung der Abfälle, das heißt hier der vollständige, produktionsintegrierte Wiedereinsatz im Filtrationsprozess, anzustreben.

## Weitere Informationen:

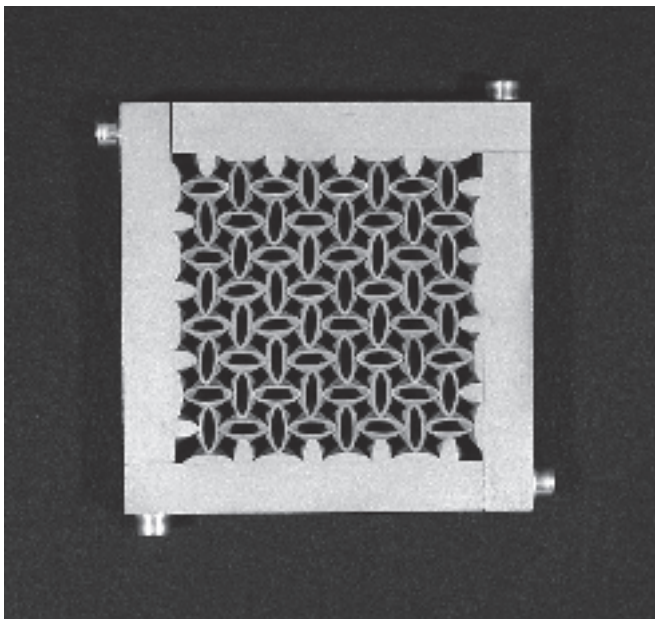
Institut für Aufbereitung und Deponietechnik  
 Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Gock,  
 Dipl.-Ing. Tobias Leußner  
 Walther-Nernst-Straße 9  
 38678 Clausthal-Zellerfeld  
 Tel.: 0 5323-72-2038 (2119)  
 Fax +49-5323-72-2353  
 eMail: gock@aufbereitung.tu-clausthal.de, tobias.leusner@tu-clausthal.de  
 Internet: <http://www.ifa.tu-clausthal.de>

# Selbsttragende Strukturen aus selbstverzahnten Bausteinen, hergestellt durch Rapid Tooling

*Die Institute für Maschinenwesen und Werkstoffkunde und Werkstofftechnik der TU Clausthal stellten auf der diesjährigen Hannover-Messe vom 19. -24. April 2004 am Gemeinschaftsstand Innovationsland Niedersachsen in der Halle 18, 1. OG, Stand 003, selbsttragende Strukturen aus selbstverzahnten Bausteinen aus, die auf dem Wege des Rapid Tooling hergestellt wurden; die Universität von Westaustralien ist Mitentwickler.*



Eine Verbundlage aus Wüfelelemente



Lasergesinterte Strukturelemente

Die geometrische Anordnung der Elemente bewirkt eine topologische Selbstverzahnung der einzelnen Elemente in den Gesamtstrukturen. Diese selbsttragenden Strukturen können daher ohne Verbindungselemente oder Bindemittel aufgebaut werden. Äußerer Halt erfahren die lose aneinander anliegenden Elemente durch einen Rahmen, der die Gesamtstruktur umschließt. Durch die Vorspannkraft des Rahmens kann die Biegeelastizität der Struktur gezielt beeinflusst werden. Des Weiteren können die Eigenschaften der Strukturen durch das Einsetzen von geometrisch identischen aber aus verschiedenen Materialien bestehenden Elementen gezielt variiert werden. Die Geometrie der Elemente kann z. B. rohrförmig, polyederförmig oder osteomorph sein. Eine weitere Besonderheit dieser Strukturen ist, dass einzelne Elemente aus dem Verbund entfernt werden können (bis zu über 50 %), die Gesamtintegrität der Struktur aber erhalten bleibt.

Zur Herstellung dieser komplexen Geometrien eignet sich insbesondere und teilweise ausschließlich das Rapid Tooling-Fertigungsverfahren, welches am Institut für Maschinenwesen angewendet und weiterentwickelt wird. Durch das schichtweise, generierende Lasersintern der Strukturelemente ist es möglich, die am Computer entwickelten und konstruierten Bauteile unmittelbar in reale Elemente umzusetzen. Hierdurch lassen sich kostengünstig und innerhalb kürzester Zeit die verschiedensten Geometrien fertigen. Durch die Wahl der Sinterparameter und Sinterwerkstoffe werden die Eigenschaften der selbsttragenden Strukturen ebenfalls gezielt beeinflusst. Hierzu zählen z. B. die Porosität, Oberflächenrauigkeit, Festigkeit und Elastizität der einzelnen Bausteine. Als Sinterwerkstoffe werden am Institut für Maschinenwesen verschiedenste Metallpulver (Kupfer, Bronze, Stahl usw.) aber auch Keramiken eingesetzt. Zudem ist es möglich, die Strukturelemente als Verbundstrukturen aus unterschiedlichen Materialkombinationen durch das Lasersintern herzustellen.

## Weitere Informationen:

Technische Universität Clausthal  
Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik  
Agricolastraße 6  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Prof. Dr. Juri Estrin  
Tel. : 05323 72 2004-02-25 Fax. 05323 72 31 48  
eMail: juri.estrin@tu-clausthal.de

Institut für Maschinenwesen  
Robert-Koch-Straße 32  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Prof. Dr.-Ing. Norbert Müller  
Tel.: 05323 72 22 71  
Fax. 05323 72 3651  
eMail: mueller@imw.tu-clausthal.de



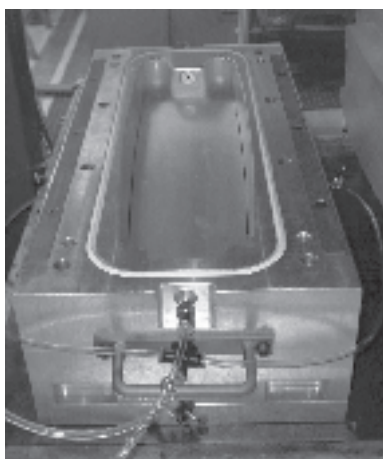
# Naturfasern in Strukturbauteilen am Beispiel eines Kickboards

Das Institut für Kunststofftechnik und Polymerwerkstoffe der TU Clausthal stellte auf der diesjährigen Hannover-Messe vom 19. -24. April 2004 am Gemeinschaftsstand Innovationsland Niedersachsen in der Halle 18, 1. OG, Stand O03, ein so genanntes Kickboard aus, in welchem der üblicherweise als Trägerwerkstoff eingesetzte glasfaserverstärkte Kunststoff (GFK) durch Naturfasern (Flachs-, Hanf-, Nessel- oder Sisalfasern, NFK) ersetzt wurde.

Naturfasern werden zur Verstärkung von Kunststoffen eingesetzt, wobei als wesentliche Vorteile naturfaserverstärkter Kunststoffe (NFK) ein geringer Preis, niedrige Dichten, gute Recycelbarkeit und geringe Splitterneigung bei Stoßbeanspruchung genannt werden können. Die Verwendung von Naturfasern in einem höher mechanisch und dynamisch beanspruchten Bauteil wird nun am Beispiel eines federnden flexiblen Kickboard-Trägers demonstriert. Im Projekt wurde die Substitution des Original-Trägers aus glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK) durch NFK untersucht.

Diese Arbeit wurde zusammen mit der IMA, Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Dresden, und dem Christian von Dohm-Gymnasium in Goslar durchgeführt. Sie ist im Rahmen eines Projektes entstanden, welches von der Alfred Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung gefördert wurde und das Ziel verfolgt, bei Jugendlichen Interesse und Verständnis für die Ingenieurwissenschaften zu wecken.

Das Diaphragma- und das RTM-Verfahren (Resin Transfer Moulding) wurden zur Herstellung des Kickboard-Bretts in Betracht gezogen und untersucht. Beide Verfahren wurden so angepasst, dass die Höhe des Bauteils und so die Freiheit zur Gestaltung des Lagenaufbaus gegeben war. Das statische und dynamische Verhalten des ursprünglichen Kickboards wurde zuerst analysiert und durch unterschiedliche Werkstoffkombinationen sowie Auslegungen mit den einzelnen Werkstoffkennwerten simuliert und dann entsprechend gefertigt.



**Gefrästes und erodiertes Aluminium RTM-Werkzeug**

Mit der Diaphragma-Technik bei einem maximalen Umformdruck von 6 bar wurden NF-Bauteile hergestellt mit einem max. Fasergehalt von 32 Vol-% und einem E-Modul von ca. 6000 MPa. Die Dicke des Bauteils ist hier beliebig veränderbar, wobei nur die Geometrie einer Oberfläche genau definiert ist.

Das gefräste und erodierte Aluminium RTM-Werkzeug (Abb. 1) besteht aus einem Rahmen, einem Deckel und einem in der Höhe verstellbaren Kern. Die freie Kavität wird mit Fasermaterial bestückt und vakuumunterstützt mit Epoxid-Harz unter Druck injiziert. Die Innovation liegt im verstellbaren, mit dem Rahmen abgedichteten Kern. So können mit dem selben Werkzeug Bauteile mit Dicken von 4 mm bis 16 mm produziert werden.



**Kickboard-Prototyp**

Es wurden so Kickboard-Prototypen hergestellt, die die gewünschten federnden Eigenschaften hatten, sowohl aus NFK-Sandwiches mit GFK und CFK (Kohlenfasern) oder rein aus NFK, die eine Dicke von 12,2 mm gegenüber der 8,4 mm Dicke des Originals betragen muss.

## Weitere Informationen:

Technische Universität Clausthal  
Institut für Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik  
Prof. Dr.-Ing. G. Ziegmann, Prof. Dr.-Ing. L. Frommann,  
Dipl.-Ing. Jean-Noel Doerr  
Agricolastraße 6  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel. : 0 5323-72-2359/-2000, Fax : 0 5323-72-2324  
E-mail : jean-noel.doerr@tu-clausthal.de, lars.frommann@tu-clausthal.de  
Internet : <http://www.puk.tu-clausthal.de>

# RAG-Vorsitzender: Kohle ist wichtiger Bestandteil der langfristigen Energieversorgung

Gehen nach New York, Kopenhagen, London und Rom auch bald in Deutschland die Lichter aus? Wie sicher ist die deutsche Energieversorgung und was kostet sie? Auf diese und weitere Fragen ging Dr. Werner Müller, Vorsitzender des Vorstands der RAG Aktiengesellschaft, am 14. Oktober 2003 an der Technischen Universität Clausthal ein. Dr. Müller sprach als Festredner im Rahmen des 40-jährigen Jubiläums des Instituts für deutsches und internationales Berg- und Energierecht der Technischen Universität Clausthal zum Thema „Die Energieversorgung im Dreieck von Wettbewerb, Versorgungssicherheit und Klimaschutz“.

Deutschland besitze heute eines der weltweit modernsten und sichersten Stromnetze, so Müller. Damit eine sichere Stromversorgung auch in Zukunft gewährleistet sei, seien mittelfristig erhebliche Investitionen für den Bau neuer Kohlekraftwerke notwendig. Durch den beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie käme der Stromerzeugung aus Steinkohle künftig eine noch größere Bedeutung zu. Die Nutzung von Steinkohle als - neben der Braunkohle - einzig nennenswerten heimischen Energieträger müsse wesentlicher Bestandteil einer langfristigen sicheren Energieversorgung bleiben.

Auf dem Weg zu einer nachhaltigen Energieversorgung seien Effizienzsteigerungen in der Energieerzeugung und -verwendung unerlässlich, betonte Müller. Wichtig hierfür seien vor allem technische Innovationen, ein funktionsfähiger Wettbewerb und verlässliche politische Rahmenbedingungen.

Die Entwicklungen und Umbrüche in der Strom- und Gasversorgung mit den Schwerpunkten des Wettbewerbs und der Versorgungssicherheit waren Gegenstand der anschließenden wissenschaftlichen Vortragsveranstaltung, die das Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht der TU Clausthal unter der Leitung seines Direktors, Prof. Dr. Kühne, aus Anlaß seines 40-jährigen Bestehens zu dem Thema „Berg- und Energierecht im Zugriff europäischer Regulierungstendenzen“ ausrichtete.

Etwa 90 Vertreter aus Unternehmen, Verbänden, Wissenschaft und Verwaltung waren in der Aula zusammengekommen, um die z.Zt. umstrittenen Fragen der Intensivierung des Wettbewerbs, aber auch - besonders nach den jüngsten Stromausfällen - der Versorgungssicherheit zu diskutieren. In seinem Festvortrag



**Dr. Werner Müller, Vorsitzender des Vorstands der RAG.**

äußerte sich der frühere Bundeswirtschaftsminister und heutige Vorstandsvorsitzende der RAG AG, Dr. Werner Müller, zum Stellenwert von Wettbewerb, Versorgungssicherheit und Klimaschutz innerhalb unseres Systems der Energieversorgung. Ferner unterstrich er die Notwendigkeit von neuen Investitionen in Kapazitäten zur Stromerzeugung aus Kohle sowie technischen Innovationen in diesem Bereich. K.-P. Schultz vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit analysierte die wettbewerbliche Entwicklung auf den seit 1998 liberalisierten Strom- und Gasmärkten und warf einen Blick auf die im nächsten Jahr bevorstehende, durch europäische Richtlinien vorgeschriebene Errichtung eines staatlichen Regulierungssystems für die Strom- und Gaswirtschaft.

Daran anknüpfend beschäftigte sich Prof. Kühne mit der künftigen organisatorischen Ausgestaltung des energiewirtschaftlichen Netzzugangs. Kühne betonte, dass der

gesetzgeberische Gestaltungsspielraum bei der Neugestaltung des Ordnungsrahmens für den energiewirtschaftlichen Netzzugang u.a. durch europarechtliche und verfassungsrechtliche Vorgaben begrenzt und daß ein fester staatlicher Regulierungsrahmen nötig sei.

Ebenso mit Blick auf die bevorstehende Energierechtsreform referierte Prof. Dr. Büdenbender, TU Dresden, über die in der Energiewirtschaft hoch umstrittenen Maßstäbe für angemessene Netznutzungsentgelte, die die Netzbetreiber ihren Konkurrenten für die Durchleitung in Rechnung stellen.

Zum Abschluß der Veranstaltung hielt Prof. Dr. Frenz, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, einen kritischen Vortrag über das Verhältnis von Berg- und Abfallrecht unter dem Einfluß europarechtlicher Entwicklungen. Hierbei kritisierte er den jüngsten europäischen Richtlinienvorschlag zur Bewirtschaftung bergbaulicher Abfälle als industrie-feindlich.

Zu Beginn der Veranstaltung hatte Prof. Dr. Beck, Vizepräsident für Forschung und Hochschulentwicklung der TU Clausthal, unter Hinweis auf die sehr positiven Ergebnisse der Forschungsevaluation die Bedeutung des Instituts für die TU Clausthal und seine Verdienste gewürdigt. ■



**Prof. Dr. Kühne moderierte die Vorträge**



UMFORMEN VERBINDET

# Innenhochdruck-Fügeverfahren für Welle-Nabe-Verbindungen

Von Peter Dietz und Torsten Grünendick

Pressverbindungen gehören zu den grundlegenden Welle-Nabe-Verbindungselementen der Antriebstechnik und haben eine hohe Akzeptanz im Maschinen- und Anlagenbau. Neben den klassischen Pressverbindungen bildet die innenhochdruckgefügte Welle-Nabe-Verbindung eine interessante neue Variante dieses Maschinenelements mit entscheidenden Vorteilen. Um etwa eine konventionelle Nockenwelle herzustellen, sind aufwendige Bearbeitungsschritte nötig. Alternative Fertigungsverfahren und Bauweisen wie z.B. das Innenhochdruckfügen vorgefertigter Nockenringe können helfen, Kosten einzusparen und Bauteileigenschaften zu verbessern.

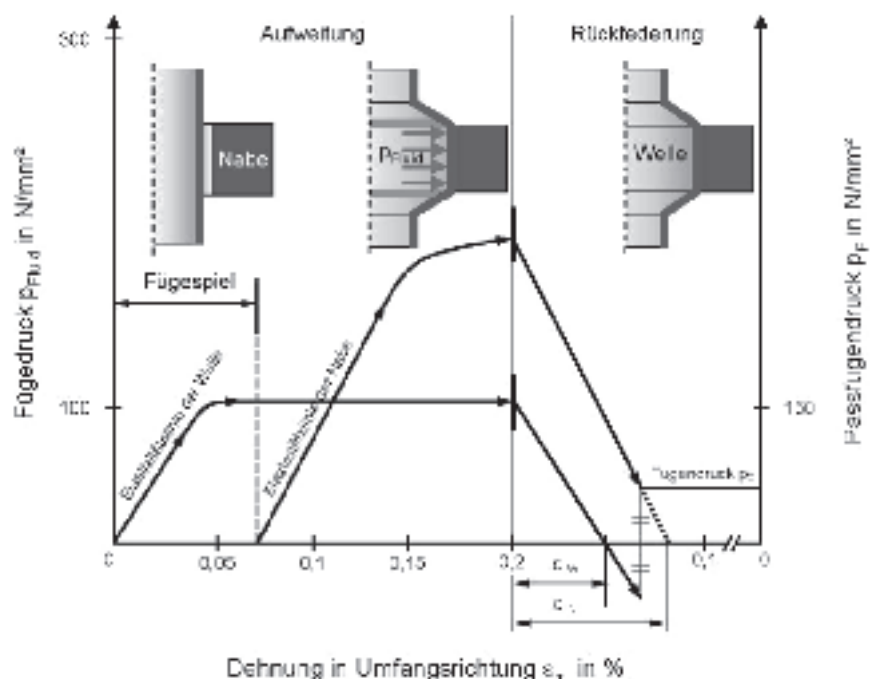
Seit einigen Jahren wird diese kraftschlüssige Verbindungsart nach dem patentierten Emishaft-Verfahren zur Herstellung gebauter Nockenwellen für Verbrennungsmotoren (**Bild 1**) im DaimlerChrysler Werk Hamburg angewendet. Dabei konnte eine deutliche Gewichtsreduzierung durch die verfahrensbedingte Verwendung von Hohlwellen gegenüber konventionellen Nockenwellen aus Vollwellen realisiert werden. Daneben benötigt dieses nach neuen fertigungstechnischen Gesichtspunkten hergestellte Maschinenelement im Gegensatz zu den herkömmlichen Pressverbindungen, bei denen ein Übermaß der Fügepartner die spielfreie Übertragung hoher statischer und dynamischer Lasten gewährleistet, keine speziell abgestimmten Toleranzen. Die Geometrieforderungen der Kontaktflächen durch ein zulässiges Füge-spiel sind deutlich geringer. Dies führt nicht nur zu einer erheblichen Kosteneinsparung durch Verminderung des Fertigungsaufwandes, die verwendete Füge-technik ermöglicht auch eine Verkürzung der Fertigungszeiten. Ein weiterer Pluspunkt ist der Einsatz von Standard-Präzisions-Stahlrohren bei den Wellen und vorbereiteten Rohlingen bei den Naben, was wiederum kostengünstigere Vor- und Endbearbeitungsverfahren ermöglicht und die Materiallogistik wesentlich erleichtert.

## Prinzip des Innenhochdruck-fügens

Das ursprünglich aus dem Apparatebau (Autofrettage) stammende Prinzip des Innenhochdruckfügens (IHF) ist der Technologie des Innenhochdruckumformens (IHU) sehr ähnlich. Im Gegensatz zum IHU, bei dem beispielsweise ein Rohr gegen eine Werkzeugwand expandiert wird und einen Körper komplizierter Geometrie ergibt, werden beim IHF Welle und Nabe kraftschlüssig miteinander verbunden. Der Fügevorgang läuft dabei wie folgt ab (**Bild 2**): Die Nabe wird über die



**Bild 1: Nockenwelle für 3-Zylinder Dieselmotor**  
Bild: DaimlerChrysler Werk Hamburg



**Bild 2: Abgewinkeltes Verformungsschaubild der Welle-Nabe-Verbindung während des Innenhochdruckfügens**

Hohlwelle geschoben. Ein Aufweitwerkzeug wird in die Welle geführt und so positioniert, dass die auf der Sonde befindlichen Dichtungen ungefähr mit den Nabenrändern abschließen. Dieser im Rohr abgedichtete Ringspalt unterhalb der Nabe und zwischen den Sondendichtungen wird anschließend durch ein Hydromedium mit Druck beaufschlagt.

Bei Drucksteigerung weitet sich die Welle lokal unterhalb der Nabe zunächst elastisch und/oder plastisch auf, Bild 2. Nachdem das Fügenspiel überwunden ist, legt sich die Welle an die Nabe an, und beide Bauteile expandieren. Bei weiterer Drucksteigerung und durch die gezielte Materialkombination der beiden Fügepartner wird die Welle plastisch, die Nabe lediglich elastisch verformt (wie bei konventionellen Pressverbänden ist eine teilplastische Verformung der Nabe auch möglich). Nach Erreichen des maximalen Fügedrucks und Halten des Drucks für einen kurzen Zeitraum erfolgt die vollständige Druckrücknahme. Welle und Nabe federn gemeinsam zurück, Bild 2.

Durch die unterschiedlichen Nachgiebigkeiten und auf Grund der Festigkeitsunterschiede der Fügepartner ergibt sich ein unterschiedliches Rückfederungspotential, das dazu führt, dass sich die Nabe auf die Welle „schrumpft“. Die Rückfederungsbehinderung, verursacht durch die plastizierte Welle, sorgt für einen festen Presssitz der Welle-Nabe-Verbindung. Es ergibt sich ein Eigenspannungszustand ähnlich dem eines Pressverbandes.

### Werkstoffeigenschaften gezielt nutzen

Bei diesem Fügeverfahren sind die unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften der Fügepartner von entscheidender Bedeutung. Wird eine ungünstige Materialpaarung gewählt, bei der das Rückfederungsverhalten der Nabe kleiner ist als das der Welle, kann sich ein Presssitz nicht ausbilden. Andererseits kann man durch geschickte Wahl der Werkstoffe von Welle und Nabe sowohl den Fügevorgang als auch das Tragfähigkeitsverhalten der Verbindung optimieren.

Mit Berechnungsprogrammen kann der Spannungszustand des Fügeprozesses abgebildet und der Passfugendruck bestimmt werden. Die bisher erhaltenen guten Übereinstimmungen zwischen Berechnung und Messungen des erreichbaren Pressfugendrucks versprechen eine hohe Prozess- und Qualitätssicherheit und eine gezielte Optimierung der Verbindung mittels Simulation. Mit diesem Wissen können für unterschiedliche Bauteile und Belastungen Kombinationen von Werkstoffgruppen durchgespielt und die jeweils

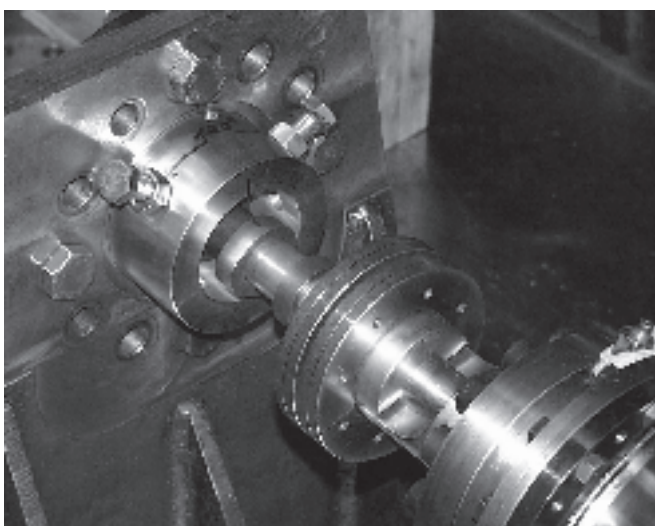
besten Fertigungsbedingungen für den Anwendungsfall gesucht werden. Beispielsweise zeigt sich, dass durch die Kombination der Werkstoffeigenschaften, der geometrischen Gestaltung der Fügepartner und einer Teilplastizierung der Nabe beim Fügen der Fügedruck bei gleichbleibendem Passfugendruck reduziert werden kann, was die Standzeiten der Dichtungen erhöht.

Im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsvorhabens führt das Institut für Maschinenwesen der TU Clausthal systematische Untersuchungen zum Betriebsverhalten dieser Welle-Nabe-Verbindung durch, um Grundlagen für die Weiterentwicklung dieses Verbindungselementes zu höheren Leistungsdurchsätzen zu schaffen. Die Ermittlung der Tragfähigkeit unter den Betriebsbeanspruchungen mit den Grenzbedingungen des Durchrutschens, der Reibrostbildung und der dynamischen Festigkeit insbesondere im Bereich der Verbindungsgrenzen stellt – wie bei den konventionellen Pressverbindungen – besondere Ansprüche an die theoretischen und experimentellen Untersuchungen. **Bild 3** zeigt eine Verbindung im Dauerprüfstand unter Wechseltorsion, **Bild 4** verdeutlicht die kombinierte Beanspruchung durch Fügeprozess und Betriebslasten (Drehmoment, Querkraft, Biegemoment) am Beispiel eines hochdruckgefügtes Kettenrades. Für die Berechnungsansätze kommen angepasste Strategien und Modelle aus der Berechnung zylindrischer Pressverbindungen zum Einsatz.

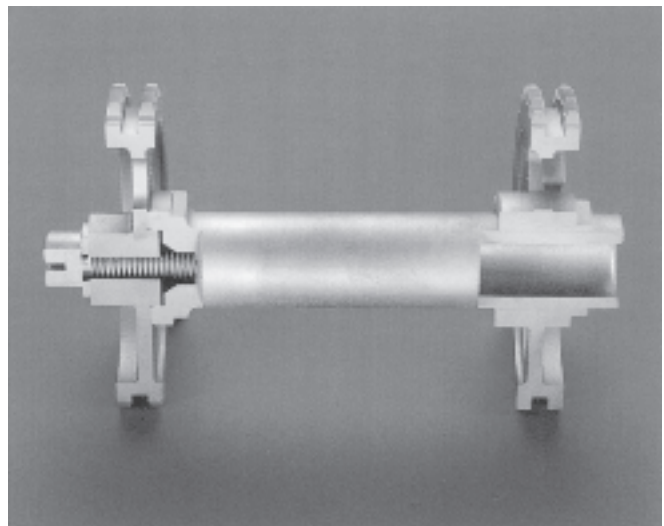
### Leistungssteigerung durch Gestaltung und Ausbildung der Fügeflächen

Bisherige theoretische und experimentelle Ergebnisse zeigen, dass eine Beeinflussung des Passfugendruckverlaufes über der Länge der Verbindung (und hier besonders in der Nähe der Verbindungsenden) durch die Lage der Dichtungen beim Fügen möglich ist und damit Optimierungsmöglichkeiten zur Verbesserung des Betriebsverhaltens unter kombinierten Betriebsbelastungen eröffnet, die den klassischen Pressverbindungen verschlossen bleiben. Mittels gesteuerten Kugelstrahlens der Kontaktflächen kann darüber hinaus eine beeindruckende Leistungssteigerung erzielt werden. Diese Steigerung ist die Folge eines gekoppelten Prinzips von Mikroform- und Kraftschluss, wobei der Einfluss der muldenförmigen Topografie mit höheren Passfugendrücken stärker zur Geltung kommt.

Ein weiterer Aspekt führt zu neuen Lösungen der Leistungssteigerung: IHF-



**Bild 3: IHF-Pressverbindung im Dauerprüfstand unter Wechseltorsion**



**Bild 4: Hochdruckgefügtes Kettenrad**  
Bild: DaimlerChrysler Werk Hamburg

Pressverbindungen mit den entsprechenden Prozessschritten des Positionierens und des elasto-plastischen Aufweitens unter Raumtemperatur können in ihrem Übertragungsverhalten durch physikalisch-chemische Behandlung der Fügeflächen beeinflusst werden, beispielsweise bei galvanisch verzinkten Kontaktflächen. Der Vorteil liegt in der Oberflächenaktivierung der Pressflächen, die bei den derzeitigen Laborversuchen einen enormen Zuwachs der statischen Drehmomentübertragung von über 100% zeigen. Lokale Kaltpresslötungen, Kaltpressschweißungen und adhäsive Bindekräfte unterstützen den üblichen kraftschlüssigen Übertragungsmechanismus.

Die Einsatzmöglichkeit innenhochdruckgefügter Welle-Nabe-Verbindungen hat sich in einigen Industriebereichen bereits erfolgreich durchgesetzt und beginnt insbesondere im Automobilbau stärker an Einfluss zu gewinnen. Als „Nebeneffekt“, ist die Verwendung von Präzisions-Stahlrohren als Wellenhalbzeug zu nennen, was Vorteile nach den Gesichtspunkten des Leichtbaus und des Platzbedarfs im Getriebe bringt. Heute schon werden in vielen Motortypen Nockenwellen dieser Fertigungstechnologie verwendet. Aber auch Kettenräder, Ausgleichswellen und weitere Verbindungen mit zunehmend höheren Anforderungen an die Übertragungsfähigkeit werden in

besonders wirtschaftlicher Serienfertigung gebaut. Dieses neuartige kraftschlüssige Maschinenelement bietet in seiner differentiellen Bauweise durch die Reduzierung des Fertigungs- und Montageaufwandes genauso wie durch die deutliche Verringerung von Gewichts- und Massenkräften neue Alternativen gegenüber integralen Lösungen der herkömmlichen Produktionsverfahren.

*Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Peter Dietz*

*Dipl.-Ing. Torsten Grünendick*

*Institut für Maschinenwesen*

*Robert-Koch-Straße 32*

*38678 Clausthal-Zellerfeld*

*Tel.: 05323/72-2270 (Dietz)*

*05323/72-3507 (Grünendick)*

*Fax: 05323/72-3501*

*E-Mail: dietz@imw.tu-clausthal.de*

*gruenen@imw.tu-clausthal.de*



# Deutsch-amerikanische Kooperation zwischen Physik und Materialwissenschaften

*Professor Goodmans Forschungsspezialität an der Texas A&M University in College Station (TAMU) ist es, dünne Filme, zum Beispiel aus Siliziumdioxid herzustellen und diese zu testen für einen möglichen Einsatz als Reaktionsbeschleuniger in der heterogenen Katalyse, das heißt im Grenzflächenbereich fester zu flüssiger oder fester zu gasförmiger Medien. Am Institut für Physik und Physikalische Technologien der TU Clausthal (IPPT) wurde in der Abteilung für Atom- und Molekülphysik an Oberflächen unter der Leitung von Prof. Dr. Volker Kempter eine hierzu ideal geeignete Messmethode entwickelt (MIES), mit der ebensolche Oberflächen in ihrer Struktur und Morphologie und charakterisiert werden können. Was lag näher, als diese beiden Kompetenzen mit einander zu „verheiraten“? Zum Wintersemester 2003/2004 kehrte der Clausthaler Dipl. Phys. Martin Frerichs von einem sechsmonatigen Forschungsaufenthalt in College Station zurück.*

Dort war es seine Aufgabe, die amerikanischen Kollegen bei der Bedienung und Wartung der an der TU Clausthal gebauten MIES-Apparatur zu unterstützen und Untersuchungen an gemeinsamen Fragestellungen durchzuführen. Das umfasste in erster Linie die Betrachtung der Wechselwirkungen unterschiedlicher Gase mit dünnen Siliziumdioxid-Filmen. Siliziumdioxid ist im Bereich der heterogenen Katalyse von immenser Bedeutung und die dünnen, kristallinen Filme ermöglichen es, elektronen-spektroskopische Untersuchungen durchzuführen. Bei den untersuchten Gasen war Wasser eines der wichtigsten korrosiven Gase. Weiterhin wurde Benzol untersucht, das ein wichtiges organisches „Beispiel-Molekül“ ist.

Während das Hauptaugenmerk der Arbeitsgruppe Goodman dabei auf den katalytischen Eigenschaften lag, sind Grenzschichten mit Siliziumdioxid allerdings auch für die Materialwissenschaften von Interesse und das erworbene „Know-How“ ist somit von Bedeutung für die Forschung im Fachbereich Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften der TU Clausthal.



**Professor Goodman mit Martin Frerichs**

Martin Frerichs hat in Clausthal Physik studiert und arbeitet derzeit in einem von der Stiftung Industrieforschung geförderten interdisziplinären Projekt, an dem neben der Physik auch die Institute für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik und das Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit beteiligt sind. Der Austausch erfolgte im Rahmen des Kooperationsvertrages zwischen dem IPPT und dem Fachbereich Chemie (Department of Chemistry) der TAMU.

# Numerische Simulation auf Hochleistungsrechnern

## PERSPEKTIVEN FÜR DIE VERFAHRENSTECHNIK

Von Gunther Brenner

In vielen Bereichen der Technik, der Naturwissenschaften und der Wirtschaft werden in zunehmendem Maße Simulationsverfahren eingesetzt, um Prozesse oder Ereignisse gezielter vorhersagen, beeinflussen oder optimieren zu können. Klassische Beispiele aus dem Ingenieurwesen sind die Berechnung von Strömungen um Flugzeuge, mit dem Ziel, aufwendige Windkanalversuche zu verringern, oder Crash- und Fahrdynamiksimulationen als virtuelle Alternative zum realen Elchtest. Das Anwendungsspektrum ist aber weitaus vielfältiger. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die Möglichkeiten und Arbeitsgebiete der am Institut für Technische Mechanik (ITM) der TU Clausthal eingerichteten Arbeitsgruppe für „Numerische Simulation“ auf dem Gebiet der Kontinuumsmechanik und speziell der Strömungsmechanik.

Die Simulation der eingangs erwähnten Vorgänge aus dem Gebiet der Strömungsmechanik (CFD) und Strukturmechanik (CSM) basiert auf der kontinuumsmechanischen Beschreibung der Bewegung oder Deformation eines Mediums, die sich letztlich durch partielle Differentialgleichungen ausdrücken und lösen lässt. Insbesondere im Bereich der Strömungsmechanik besteht seit jeher ein sehr großer Bedarf an leistungsfähigen Computern und effizienten Algorithmen, um Aufgaben im Bereich der angewandten Forschung oder industriellen Praxis mit ausreichender Genauigkeit und Geschwindigkeit lösen zu können. Durch die rapide Steigerung der Leis-

tungsfähigkeit moderner Rechenanlagen ergeben sich heutzutage Möglichkeiten, die noch vor wenigen Jahren als utopisch angesehen wurden. Es genügt ein Blick auf die zeitliche Entwicklung der Leistung moderner Rechner, wie sie in **Bild 1** skizziert ist, um zu erkennen, dass dieser Trend eine lange Geschichte aufweist. So stellt man fest, dass die Leistungsfähigkeit der so genannten Höchstleistungsrechner, also der weltweit größten und teuersten Rechenanlagen, seit dem Beginn des digitalen Zeitalters konstant um etwa eine Größenordnung in fünf Jahren zunimmt. Diese Steigerung umfasst sowohl die Rechengeschwindigkeit als auch die Größe des Arbeitsspeichers, die inzwischen in TERA-Flops (Billionen Gleitkommaoperationen pro Sekunde) bzw. TERA-Bytes angegeben werden. Möglich geworden sind diese Entwicklungen besonders durch Parallelverarbeitung der Daten neben der reinen Beschleunigung von Taktzyklen. Die Leistungssteigerungen im Bereich der Supercomputer werden auch im „low-end“-Bereich der Arbeitsplatzrechner beobachtet, die heute etwa die Leistung eines „high-end“-Computers vor 15 Jahren erbringen. Somit wird deutlich, dass sich heute auf einem vergleichsweise billigen PC Berechnungen anstellen lassen, für die noch vor wenigen Jahren millionenschwere Investitionen verursachten. Aber auch im Bereich der Software wurden beachtliche Erfolge erzielt. Um das Potential, das darin verborgen ist, zu verdeutlichen, ist in **Bild 2** der Vergleich der Leistungssteigerung durch algorithmische Entwicklungen in den letzten 20 Jahren am Beispiel der Gleichungslöser dargestellt. Diese ist von

vergleichbaren Ausmaßen wie die oben erwähnte Leistungssteigerung der Rechnerhardware. Beiträge zu dieser Entwicklung stammen insbesondere aus dem Bereich der numerischen Mathematik und Informatik. Somit wird deutlich, dass heute hervorragende Bedingungen gegeben sind, um anspruchsvolle Ingenieuraufgaben aus dem Bereich der Strömungsmechanik und angrenzenden Gebieten zu lösen. Im Folgenden werden hierzu einige Beispiele aus dem Gebiet der chemischen bzw. thermischen Verfahrenstechnik vorgestellt.

### Anwendungen in der Verfahrenstechnik

Als Beispiel wird die chemische Gasphasenabscheidung, engl. Chemical Vapour Deposition (CVD), betrachtet, eine häufig eingesetzte Technik zur Herstellung von dünnen kristallinen Schichten auf Festkörpersubstraten und somit ein wichtiger Schritt der Herstellung von Halbleitermaterialien. Das ITM ist hier im Rahmen des DFG- Schwerpunktprogramms SPP 1119 „Anorganische Materialien durch Gasphasensynthese“ mit der Simulation und Modellierung dieser Prozesse betraut. Derzeit werden erhebliche Anstrengungen unternommen, um bestehende ►

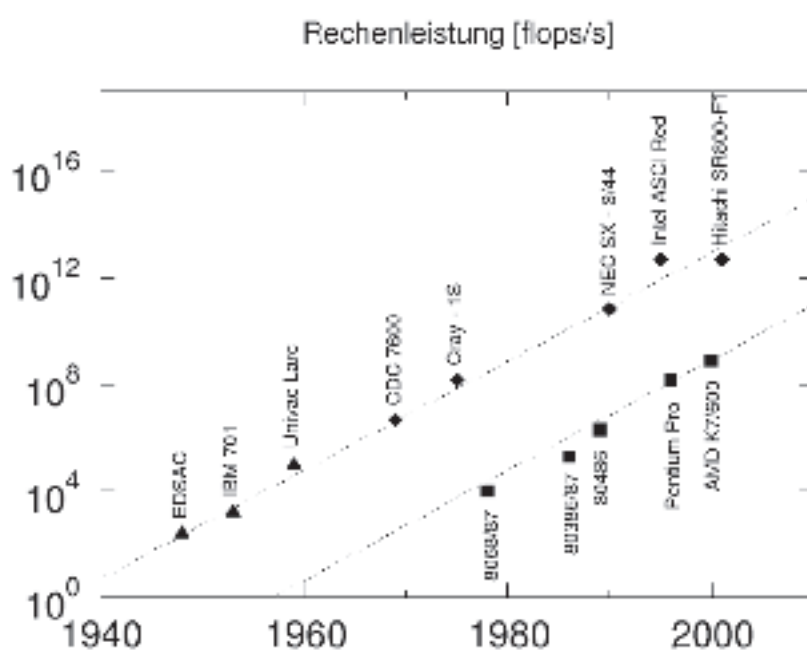
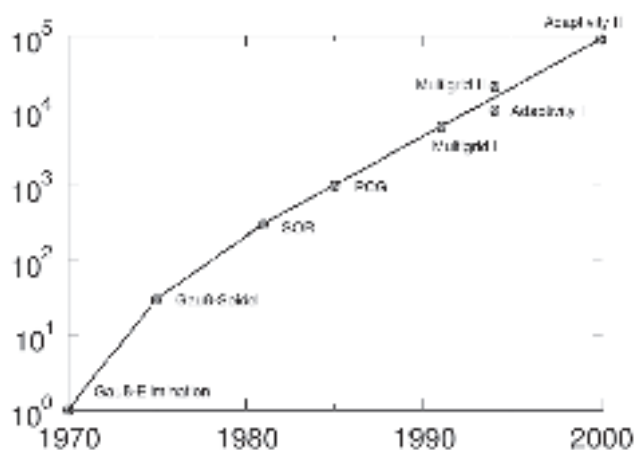


Bild 1: Leistungssteigerung durch Computer

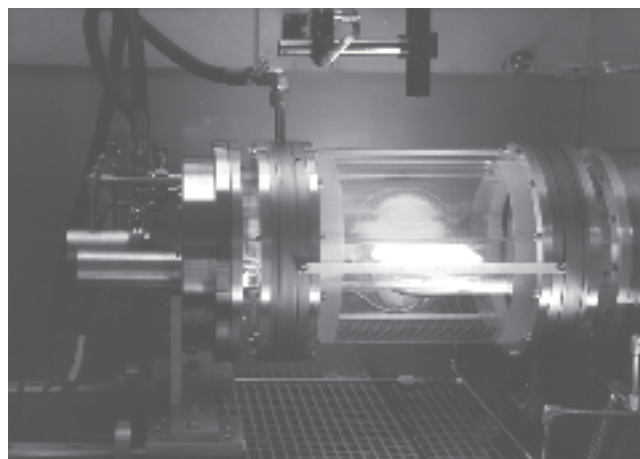




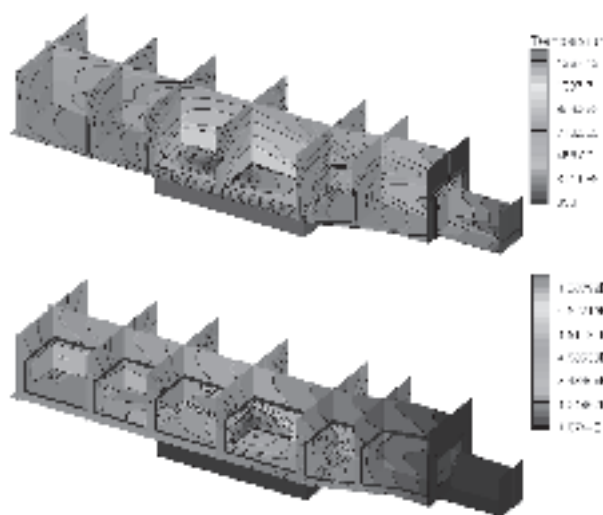
### Bild 2: Leistungssteigerung durch Algorithmen

CVD-Prozesse zu optimieren oder um Varianten zu erproben, beispielsweise um neue metallorganische Verbindungen abzulagern oder um alternative Prekursoren zu verwenden. Dabei wird weitgehend auf „trial and error“-Methoden vertraut, d.h. es werden bestehende Anlagen an sich verändernde Anforderungen angepasst und modifiziert. Der Einsatz von numerischen Simulationen kann in diesem Zusammenhang erheblich zur Optimierung und Verbesserung dieser Prozesse beitragen. Hierzu wird in dem vorliegenden Projekt die Modellierung der Transportvorgänge und der Reaktionen in der Reaktionskammer betrachtet, mit dem Ziel, Wachstumsraten als Funktion von Betriebsparametern der Anlage bestimmen zu können. Die Grundlagen für eine Modellierung der Vorgänge in einer CVD-Anlage sind durch die Erhaltungsgleichungen zur Beschreibung des konvektiven und diffusiven Transports von Masse, Impuls und Energie – die *NAVER-STOKES*schen Gleichungen – gegeben. Hinzu kommen Modelle zur Beschreibung der Wärmestrahlung, der Thermodiffusion und der chemischen Reaktionen. In diesen Modellen werden eine Vielzahl von zumeist empirischen Parametern benötigt, z.B. zur Beschreibung von chemischen Reaktionsraten oder der Transportkoeffizienten. Das so gewonnene mathematische Modell besteht aus partiellen Differentialgleichungen, die für vorgegebene Randbedingungen approximativ gelöst werden können. Der Einsatz der numerischen Simulation als zuverlässiges Designtool setzt dabei ein sorgfältiges Abwägen aller empirischen Parameter voraus. Darüber hinaus ermöglicht die numerische Reaktorsimulation die Analyse von Sensitivitäten der einzelnen Modellparameter hinsichtlich der Vorhersage der aus ingenieurmäßiger Sicht wichtigen Produktdaten. Aus strömungsmechanischer Sicht wird die Funktion des MOVPE-Reaktors (**Metal Organic Vapour Phase Epitaxy**) durch eine laminare Strömung bei kleinen Reynoldszahlen in Kombination mit einem ausgeprägten Transport von Energie durch Strahlung und Konduktion dominiert. Aufgrund der starken Temperaturschichtungen im Reaktor wird neben der *FICK*schen Diffusion die Thermodiffusion einen erheblichen Beitrag zum Massentransport leisten. Hinzu kommt, dass natürliche Konvektion eine Rolle spielen kann. Das Fluid kann als schwach kompressibles, ideales Gas betrachtet werden. Es kann üblicherweise davon ausgegangen werden, dass die im MOVPE-Prozess vorrangig vorhandenen Gase optisch transparent sind und somit nicht am Wärmetransport durch Strahlung direkt partizipieren. Auf eine ausführliche Darstellung der Modellgleichungen wird an dieser Stelle verzichtet und auf Literaturstellen verwiesen (z.B. *MESIC, BRENNER* 2004).

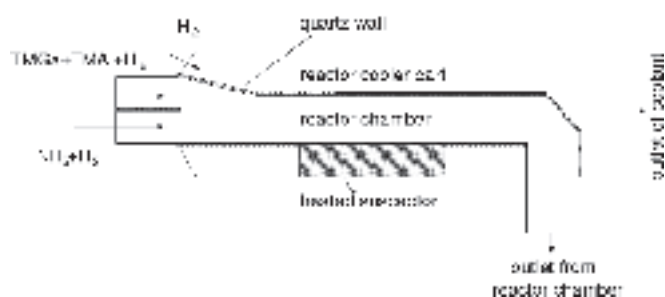
Die **Bild 3** zeigt einen industriellen Reaktor der Firma Aixtron im Betrieb, **Bild 4** eine schematische Darstellung des Funktionsprinzips. Exemplarisch sind in **Bild 5** die Temperaturverteilung und die Spezieskonzentration dargestellt. **Bild 6** zeigt schließlich die berechnete Wachstumsrate auf dem Suszeptor im Vergleich zu experimentellen Ergebnissen.



**Bild 3: Industrieller CVD-Reaktor im Betrieb**

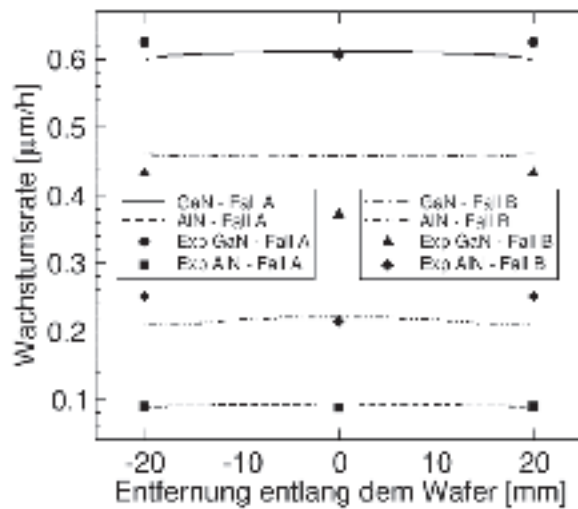


**Bild 5: Temperatur- und Ga-Verteilung im AIX200RF-Reaktor**



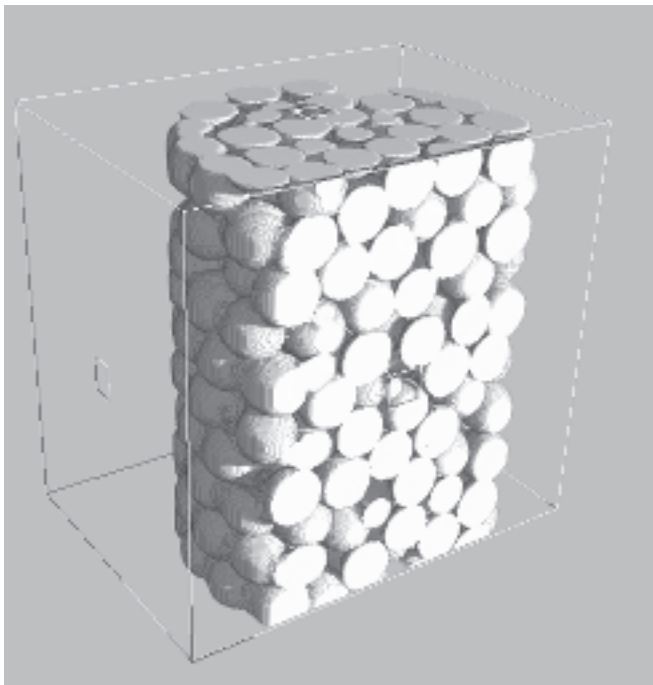
**Bild 4: Aufbau und Funktionsprinzip des AIX200RF-Reaktors**

Die vorgestellten Berechnungen wurden auf Linux-Cluster der AG für Numerische Analysis und Scientific Computing der TUC durchgeführt. Es handelt sich dabei um ein System aus 32 Parallelprozessoren mit insgesamt 64 GByte Speicher.



**Bild 6:** Vergleich zwischen experimentell und numerisch ermittelten Wachstumsraten für GaN und AlN

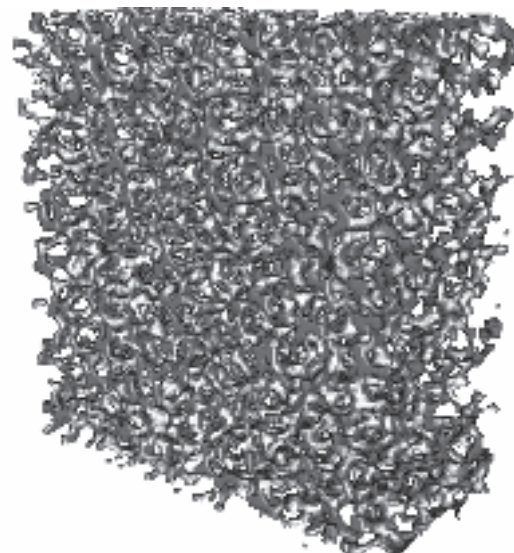
Der hohe Rechen- und Speicheraufwand resultiert bei den vorliegenden Anwendungen aus der Komplexität des Reaktionsmechanismus und der Tatsache, dass für eine zuverlässige Vorhersage der Wachstumsraten eine extrem gute räumliche Auflösung der Berechnungsgitter erforderlich ist. Das numerische Verfahren basiert auf einer Finite-Volumen-Diskretisierung der Transportgleichungen. Das Verfahren ist optimiert für Parallelrechner mit verteiltem oder gemeinsamem Speicher sowie Skalar- oder Vektor-Prozessoren. Durch den parallelen Mehrgitteralgorithmus steht ein effizienter Gleichungslöser zur Verfügung.



**Bild 7a:** Mit CT gerasterte Geometrie eines Kugelhafenreaktors

## Neue numerische Verfahren

Neben diesen klassischen Simulationsverfahren werden am Institut für Technische Mechanik neue Methoden entwickelt und genutzt, die für spezielle Anwendungen in der Verfahrenstechnik von Vorteil sind. Es handelt sich hierbei um die auf dem Prinzip der zellulären Automaten basierenden Lattice-BOLTZMANN-Methoden (LBM), die eine interessante Alternative zu den klassischen Diskretisierungsmethoden im CFD-Bereich (finite Volumen/Elemente) darstellen. Während in den klassischen CFD-Verfahren die NAVIER-STOKESSchen Gleichungen die Basis für eine Diskretisierung darstellen, wird in den LB-Methoden eine Approximation der geschwindigkeitsdiskreten BOLTZMANN-Gleichung vorgenommen. Der resultierende Algorithmus kann sehr effizient auf digitalen Rechnern implementiert werden. Interessant wird der Ansatz insbesondere auch durch die einfache Realisierung der Randbedingungen. Eine ausführliche Darstellung der algorithmischen Details kann der Literatur (z.B. BRENNER 2002) entnommen werden. Es lassen sich auf diesem Wege leicht Lösungen auf Rechengittern mit mehreren Millionen Elementen herstellen. Ein mögliches Einsatzgebiet ist daher z.B. die direkte Simulation von laminaren oder turbulenten Strömungen in komplexen Geometrien, z.B. Kugelhafenreaktoren, oder von porösen Medien als Trägern für Katalysatoren. Um nun eine Berechnung der Strömung und anderer Transportvorgänge in einem derart komplexen Medium realisieren zu können, muss zunächst die exakte Geometrie bestimmt werden. Hier kann man sich der  $\mu$ -Computertomographie als Bildgebungsverfahren bedienen. Auf diesem Wege lassen sich reale Proben des zu untersuchenden Mediums „einscannen“, wobei ein dreidimensionales Bitmap der Struktur mit einer hohen Auflösung generiert wird. In **Bild 7** ist als Beispiel die innere Struktur eines Keramikschams und einer Kugelschüttung dargestellt. Dieses Bitmap dient zugleich zur Definition von Randbedingungen für die Strömungssimulation mit dem Lattice-BOLTZMANN-Verfahren. Die Strömung in der Struktur ist in **Bild 8** anhand von Strombändern angedeutet. Wie im vorangegangenen Beispiel lassen sich auf diesem Wege auch chemische Reaktionen und der Energietransport berücksichtigen, so dass ein effizientes Werkzeug zur Simulation von Strömungen und Reaktionen in hochkomplexen Geometrien zur Verfügung steht. **Bild 9** gibt exemplarisch die Geschwindigkeits- und Konzentrationsverteilung in verschiedenen Schnittebenen durch den Kugelhafenreaktor wieder. Die Berechnungen wurden auf einem Vektor-Parallelrechner durchgeführt. Durch die hohe Effizienz des Verfahrens und die gute Parallelisierung können schnell parametrische Untersuchungen durchgeführt werden.



**Bild 7b:** Mit CT gerasterte Geometrie eines porösen Mediums

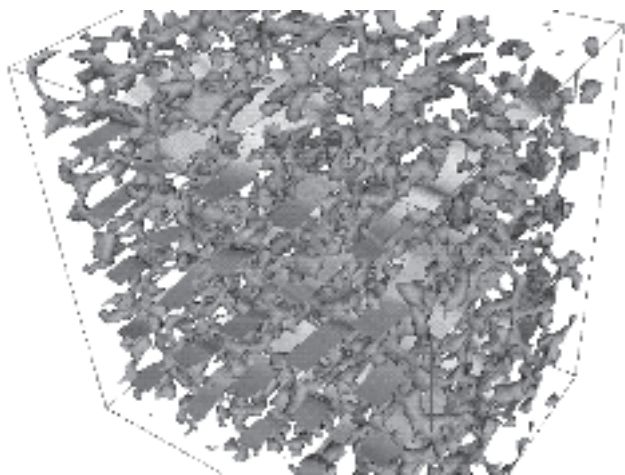


Bild 8: Geschwindigkeitsverteilung im porösen Medium

### Fazit

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit von kostengünstigen Digitalrechnern aber auch durch die Möglichkeit des Zugriffs auf eine Reihe von Höchstleistungsrechnern steht derzeit ein breites Spektrum von Computern zur Verfügung, die für numerisch intensive Simulationsaufgaben genutzt werden können. Zusammen mit effizienten Lösungsalgorithmen und in Kombination mit weiteren Techniken (z.B. der Computer-Tomographie) lassen sich so aktuelle Aufgaben aus dem Bereich der chemischen und thermischen Verfahrenstechnik lösen. Zum Einsatz kommen dabei sowohl klassische Simulationsverfahren als auch neuere Ansätze wie die Lattice-BOLTZMANN-Methode. In diesem Zusammenhang wird die Ausbildung von Studenten und Doktoranden in Umgang und Entwicklung der erwähnten Simulationsverfahren als besonders wichtig angesehen. Ein breites Angebot an Vorlesungen und Praktika wird derzeit am ITM, z.T. in Kooperation mit anderen Instituten, angeboten.

Prof. Dr.-Ing. Gunther Brenner  
Institut für Technische Mechanik  
Adolph-Roemer-Straße 2A  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: 05323/72-2515  
Fax: 05323/72-2203

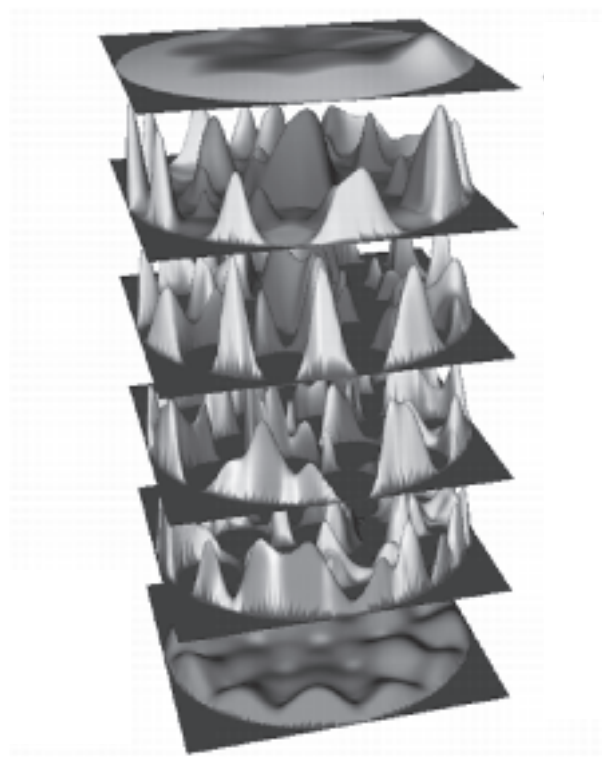


Bild 9: Geschwindigkeits- und Konzentrationsverteilung im Kugelhafenreaktor



**SunChemical**  
Osterode Druckfarben GmbH

Druckfarben für unsere  
bunte Welt!

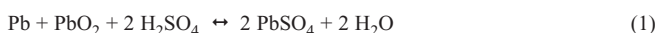
## IONISCHE FLÜSSIGKEITEN

# Neuartige Lösemittel für die Elektrochemie

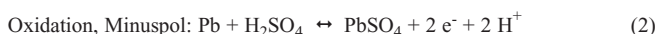
Von Frank Endres

### Elektrochemie und Metallurgie

Elektrochemische Prozesse finden sich überall im täglichen Leben. Man denke bspw. an Batterien und Akkumulatoren, ohne die mit der gegenwärtigen Technik z.B. kein Mobiltelefon funktionierte oder kein Auto zu starten wäre. Betrachten wir als Beispiel für die Bedeutung der Elektrochemie daher zunächst einmal den Bleiakkumulator im Auto: Wenn man eine Elektrode aus Blei und eine Elektrode aus Blei(IV)oxid in Schwefelsäure taucht, einen direkten Kontakt vermeidet und anschließend die elektrische Spannung zwischen diesen Elektroden misst, erhält man einen Wert von ungefähr 2 Volt. Wenn man sechs solcher Elemente in Reihe schaltet (wie in einer typischen Autobatterie), erhält man eine Spannung von ca. 12 Volt. Schließt man an eine solche Anordnung nun einen elektrischen Verbraucher an, wie z.B. den Anlasser eines Autos, fließt aufgrund der Spannungsdifferenz ein Strom, der den Anlasser antreibt. Vom praktischen Ablauf ist dies so weit zunächst einmal trivial. Chemisch betrachtet läuft jedoch ein recht komplexer Prozess ab: Blei würde in Schwefelsäure mit Blei(IV)oxid spontan zu Blei(II)sulfat reagieren, würde man beide Materialien in direkten Kontakt bringen:



Die dabei frei werdende Reaktionsenthalpie würde im wesentlichen in Wärme umgewandelt und den Elektrolyten erhitzen. Wenn man aber die Materialien wie in einer Batterie nun räumlich trennt und über eine äußere elektrische Verbindung kontaktiert, laufen an beiden Elektroden folgende Teilprozesse ab:



Obige chemische Reaktion (1) wird also in 2 elektrochemische Teilreaktionen zerlegt. Wenn eine solche Batterie nun belastet wird, reagieren immer mehr Blei(IV)oxid und Blei zu Blei(II)sulfat – beide Elektroden wandeln sich also in Blei(II)sulfat um – und irgendwann werden die Elektroden verbraucht sein: Die Batterie ist dann entladen. Da bei der Entladung Wasser entsteht, das die Schwefelsäure verdünnt, kann man den Ladezustand eines solchen Bleiakkumulators bequem über die Dichte des Elektrolyten kontrollieren. Wie allgemein bekannt ist, lässt sich eine Autobatterie jedoch sehr einfach wieder aufladen, indem man die Elektrodenreaktionen (2) und (3) mit einem Ladegerät oder der „Lichtmaschine“ umkehrt, d.h. Blei(II)sulfat an einer Elektrode wieder zu Blei(IV)oxid und an der anderen Elektrode zu elementarem Blei umwandelt. Wenn diese Prozesse vollständig in umgekehrter Richtung abgelaufen sind, hat man wieder einen vollständig geladenen Akkumulator, der als Spannungsquelle fungieren kann.

An diesem anschaulichen Beispiel aus dem täglichen Leben lässt sich die Zielsetzung der Elektrochemie zusammenfassen: Die Elektrochemie behandelt Fragestellungen zur Umwandlung chemischer und elektrischer Energie ineinander.

In der Metallurgie spielt die Elektrochemie seit langem eine bedeutende Rolle für die Metallgewinnung und Metallraffination. In einem weiteren Sinne ist das Ziel der „Extraktiven Metallurgie“, Metalle und Halbleiter in möglichst reiner Form zu gewinnen. Ein solcher Prozess besteht, stark vereinfacht betrachtet, aus drei Schritten:

- Extraktion der interessierenden Metall-/Halbleiterverbindungen, z.B. aus Erzen, Schrott und Schlacken, mit chemischen und elektrochemischen Verfahren,
- Reduktion der interessierenden Verbindungen zum Element, hydro-, pyrometallurgisch oder elektrochemisch,
- Verarbeitung der Metalle/Halbleiter mit metallurgischen und elektrochemischen Verfahren.

So werden z.B. die für den Leichtbau immer mehr an Bedeutung gewinnenden Leichtmetalle Aluminium und Magnesium oder die für Batterien und Katalysatoren (Brennstoffzellen) wichtigen Seltenen Erden (Lanthan und Cer) durch Hochtemperatur-Elektrolyse von Salzschnmelzen gewonnen. Typische Temperaturen für solche Prozesse liegen um 1000 °C. Auch Silizium, das aus der Halbleitertechnologie nicht wegzudenken ist, kann elektrochemisch gewonnen werden. Wasser, ein ansonsten in der Elektrochemie sehr weit verbreitetes Lösemittel, kommt für die elektrochemische Herstellung dieser Elemente jedoch nicht in Frage, da aus thermodynamischen Gründen Wasser zu Wasserstoff reduziert wird, bevor eines der genannten Elemente abgeschieden würde. Man spricht hier von dem sog. elektrochemischen Fenster eines Lösemittels, das im Falle von Wasser 1,23 Volt beträgt. Abhängig von den Elektrodenmaterialien können kinetische Barrieren aber auch zu einem elektrochemischen Fenster von etwas mehr als 2 Volt führen. Thermodynamisch betrachtet, kann in Wasser kein Element abgeschieden werden, das unedler ist als Wasserstoff, umgekehrt kann kein Element oxidiert werden, das edler ist als Sauerstoff. Die metallurgische Aufreinigung von Rohmetallen mittels Elektroraffination ist in wässrigen Medien daher auf Elemente wie z.B. Silber oder Kupfer beschränkt. Obwohl, oder gerade weil diese Prozesse schon recht alt sind, besteht auf diesem Gebiet noch erheblicher Forschungsbedarf.

### Ionische Flüssigkeiten

Obwohl die erste Publikation zu einem bei Raumtemperatur flüssigen Salz schon 1914 erfolgte, handelt es sich bei den Aktivitäten zu Ionischen Flüssigkeiten um ein noch recht junges Forschungsgebiet. Und wie bei jedem neuen Forschungsgebiet kann man sich die Frage stellen, ob jemals irgendein praktischer Nutzen oder gar eine großtechnische Anwendung damit verbunden sein werden. An dieser Stelle soll daher an dem sehr aktuellen Gebiet der Nanotechnologie kurz erläutert werden, wie sich aus einem sehr grundlagenorientierten Gebiet Anwendungen entwickeln können. Als 1982 erstmals das Rastertunnelmikroskop publiziert wurde, bestand zwar ▶



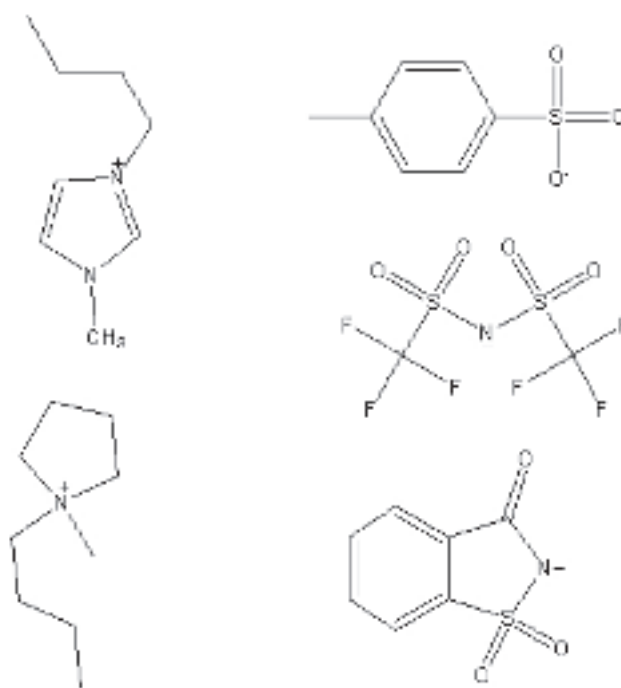
schnell Konsens, dass diese neue Technik einen erheblichen Einfluss auf die Forschungslandschaft haben würde. Eine Prognose jedoch, ob sich daraus eine technisch verwertbare Entwicklung ergeben könnte, war zum damaligen Zeitpunkt sicher schwierig. Heute, also gut 20 Jahre später, kann man resümieren, dass sich – durch die Rastersondentechniken mit initiiert – die Nanotechnologie entwickelt hat und heute sogar schon etliche Produkte kommerziell verfügbar sind. Von diesen Produkten sei als ein Beispiel aus der Großindustrie hier ein neuartiger Klarlack auf Nanotechnologie-Basis genannt, der in der Kraftfahrzeugindustrie seit Anfang 2004 erstmals serienmäßig eingesetzt wird. Dieser Lack ist erheblich weniger kratzempfindlich als konventionelle Klarlacke, was sich auf die Robustheit und die Wertstabilität der so lackierten Fahrzeuge günstig auswirken wird. Bevor dieses Produkt jedoch entwickelt werden konnte, waren umfangreiche grundlegende Untersuchungen nötig, bis ein Weg gefunden wurde, in einem organischen Decklack nanoskalierte Keramikpartikel selbstorganisiert einzubinden.

Es gibt zahlreiche weitere Beispiele, wie aus grundlegenden Untersuchungen – teilweise erst nach Jahrzehnten – letztendlich Produkte hervorgegangen sind. Wie sind in diesem Zusammenhang nun ionische Flüssigkeiten in der Elektrochemie zu betrachten? Wie bereits erwähnt: Man weiß schon seit 1914, dass Ethylammoniumnitrat ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+ \text{NO}_3^-$ ) bei Raumtemperatur flüssig ist, wobei man später herausfand, dass hierfür eine geringe Menge an Wasser (ca. 300 ppm) notwendig ist. Anfang der 50er Jahre des letzten Jahrhunderts entdeckte man, dass aus Aluminiumchlorid und einigen organischen Halogeniden sog. „Raumtemperatursalzschnmelzen“ entstehen, aus denen man prinzipiell Aluminium abscheiden kann. Im Hinblick auf den Korrosionsschutz von z.B. Stahl wäre eine dünne nanoskalierte eloxierte Aluminiumschicht auf einfachem Baustahl hochinteressant, und zu diesem Ziel wurden in den USA damals einige Anstrengungen unternommen. Da  $\text{AlCl}_3$  jedoch extrem hygroskopisch ist, wurden die Versuche damals eingestellt und erst wieder Anfang der 80er Jahre aufgenommen, als die Inertgastechnik zu moderaten Preisen verfügbar wurde und man  $\text{AlCl}_3$  so reproduzierbar handhaben konnte. In den letzten 20 Jahren haben diese „Raumtemperatursalzschnmelzen“ v.a. in der elektrochemischen Grundlagenforschung großes Interesse gefunden, weil sie gegenüber wässrigen Medien über elektrochemische Fenster von immerhin schon bis zu 4 Volt (Wasser: 1,23 Volt) verfügen, also Elemente wie Aluminium und solche, die edler sind, elektrochemisch abgeschieden werden können. Die meisten Arbeiten in der Literatur handeln von der Abscheidung von Aluminium und seinen Legierungen; auch wurden Versuche unternommen, Verbindungshalbleiter wie Galliumarsenid und Indiumantimonid elektrochemisch abzuscheiden. Solche Halbleiter sind z.B. interessant für die Herstellung von Leuchtdioden und optischen Sensoren. Man muss jedoch festhalten, dass sich im Gegensatz zu Hochtemperatursalzschnmelzen, die großtechnisch für die elektrochemische Metallgewinnung eingesetzt werden, aus solchen „Raumtemperatursalzschnmelzen“ auf der Basis von  $\text{AlCl}_3$  bisher kein verwertbarer technischer Prozess entwickeln konnte. In diesem Zusammenhang müssen nun die Aktivitäten der letzten etwa fünf Jahre betrachtet werden. Man fand nämlich heraus, dass es möglich ist, „Raumtemperatursalzschnmelzen“ zu synthetisieren, die an Luft stabil sind und elektrochemische Fenster von 5 bis 6 Volt erreichen können. Da in der community mit dem Begriff „Raumtemperatursalzschnmelze“ überraschenderweise immer auch hohe Temperaturen assoziiert wurden, wie der Autor dieses Beitrags in Vorträgen auf wissenschaftlichen Tagungen selber erfahren durfte, hat man für solche Systeme den Begriff „Ionische Flüssigkeit“ eingeführt.

**Ionische Flüssigkeiten sind demnach per definitionem niedrig schmelzende Salze mit Schmelzpunkten unter 100 °C** (SEDDON 1996, 1997). Seit einigen Jahren gewinnen sie wegen ihrer außergewöhnlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften in der Grundlagenforschung immer mehr an Bedeutung. Im März 2003 wurde sogar ein erster großtechnischer Prozess, das BASIL<sup>®</sup>-Verfahren der BASF (SEDDON 2003), vorgestellt, bei dem eine ionische Flüssigkeit in einer organisch-chemischen Synthese zum Einsatz

kommt. Von ihrer Entwicklung kann man die ionischen Flüssigkeiten, also die ionischen Schmelzen mit Schmelzpunkten unter 100 °C, in drei Kategorien einteilen:

- Systeme basierend auf Aluminiumchlorid und verschiedenen organischen Salzen wie z.B. N-Butylpyridiniumchlorid und die 1,3-Dialkylimidazoliumhalogenide (WILKES et al. 1982; HUSSEY 1994; CARLIN, WILKES 1994)
- Systeme basierend auf organischen Kationen wie z.B. den 1,3-Dialkylimidazolium-Ionen (siehe Bild 1) und perfluorierten Anionen wie  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$  und  $\text{SbF}_6^-$  (WILKES, ZAWOROTKO 1992; BONHÔTE et al. 1996; SUAREZ et al. 1996; HAGIWARA, ITO 2000) und
- Systeme basierend auf organischen Kationen wie z.B. den 1,3-Dialkylimidazolium-Ionen, disubstituierten Pyrrolidinium-Ionen und verschiedenen hydrolysestabilen Anionen, wie z.B. Tosylat, Trifluormethylsulfonat, Bis-(trifluormethylsulfonyl)imid und andere (BONHÔTE et al. 1996; WASSERSCHIED, KEIM 2000).



**Bild 1: Einige interessante Kationen und Anionen für Ionische Flüssigkeiten**

(Kationen: 1-Butyl-3-methylimidazolium und 1-Butyl-1-methylpyrrolidinium; Anionen: Tosylat, Bis-(trifluormethylsulfonyl)imid und Saccharinat)

In Bild 1 sind einige interessante Ionen gezeigt; es sollte jedoch betont werden, dass theoretisch bis zu  $10^{18}$  Ionische Flüssigkeiten möglich sind, die die obigen Kriterien erfüllen (WASSERSCHIED, WELTON 2002). Sehr viele dieser Flüssigkeiten sind bei Raumtemperatur wasserklar, geruchlos und nicht brennbar. Sie können des Weiteren leicht aufbereitet werden, was sie für eine nachhaltige Forschung auf dem Gebiet der „Grünen Chemie“ (green chemistry) prädestiniert.

Für die elektrochemische Grundlagenforschung, in der Ionische Flüssigkeiten erfreulicherweise nun mit steigendem Interesse eingesetzt werden, haben diese neuartigen Lösemittel einige sehr wichtige Eigenschaften:

- die elektrochemischen Fenster können Werte von 5 bis 6 Volt errei- ►

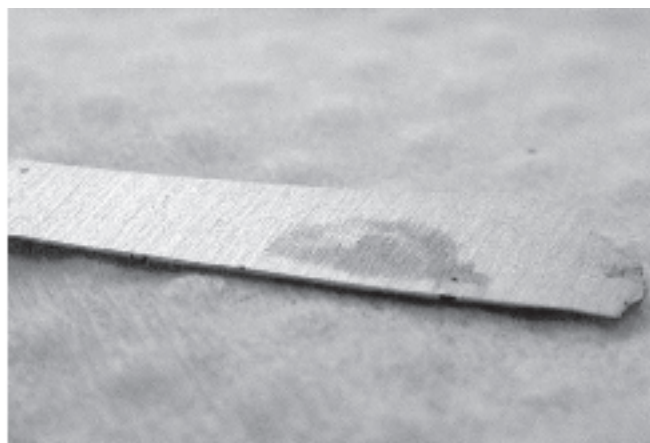


- chen, im Vergleich zu nur etwa 1,2 Volt bei Wasser,
- einige Systeme besitzen bei Temperaturen bis zu 350 °C keinen messbaren Dampfdruck,
- die spezifischen ionischen Leitfähigkeiten können bis zu  $10^{-1} (\Omega\text{cm})^{-1}$  betragen,
- einige Systeme sind praktisch nicht mischbar mit Wasser oder verschiedenen organischen Lösemitteln, und sie können sehr leicht bis auf Wassergehalte unter 1 ppm getrocknet werden.

Die genannten Eigenschaften sind für die elektrochemische Grundlagenforschung durchaus bemerkenswert, wenn man berücksichtigt, dass Wasser mit seinem sehr begrenzten Potentialfenster von nur etwa 1,2 Volt bestenfalls erlaubt, Elemente abzuscheiden, die edler sind als Wasserstoff, also z.B. Kupfer und Silber. Ionische Flüssigkeiten erlauben jedoch, technisch bedeutende unedle Elemente wie Aluminium, Germanium und Silizium oder aber auch Verbindungshalbleiter wie GaSb, GaP abzuscheiden, sogar nanoskaliert (ENDRES 2001; ENDRES, ZEIN EL ABEDIN 2002; ENDRES et al. 2003). Nanokristalline Halbleiter sind für die Technik sehr bedeutend, weil ihre Bandlücke eine Funktion des Partikeldurchmessers ist (*quantum confinement*) und somit vielleicht einmal optische Sensoren oder LASER bzgl. ihrer Wellenlänge maßgeschneidert elektrochemisch hergestellt werden können. Eine industrielle elektrochemische Routine wäre im Hinblick auf den geringen apparativen Aufwand und der damit im Vergleich zu den klassischen physikalischen Methoden verbundenen Kostenreduktion eine große Bereicherung. In der Halbleitertechnologie, in der schon heute die Kupferkontakte auf Chips elektrochemisch aufgebracht werden, wäre es von großer Bedeutung, z.B. dünne funktionale Siliziumschichten gezielt elektrochemisch herzustellen und zu dotieren und auf dieser Basis einige Struktureinheiten auf einem Halbleiter-Chip elektrochemisch aufzubauen. Dass es möglich ist, Silizium und Germanium aus ionischen Flüssigkeiten abzuscheiden, wurde bereits demonstriert (ENDRES 2001; ENDRES, ZEIN EL ABEDIN 2002; BUKOWSKI et al. 2002) (siehe auch **Bild 2** und **3**). Ein elektrochemischer Prozess mit Ionischen Flüssigkeiten macht somit Elemente zugänglich, die aus wässrigen Medien nicht abgeschieden werden können.

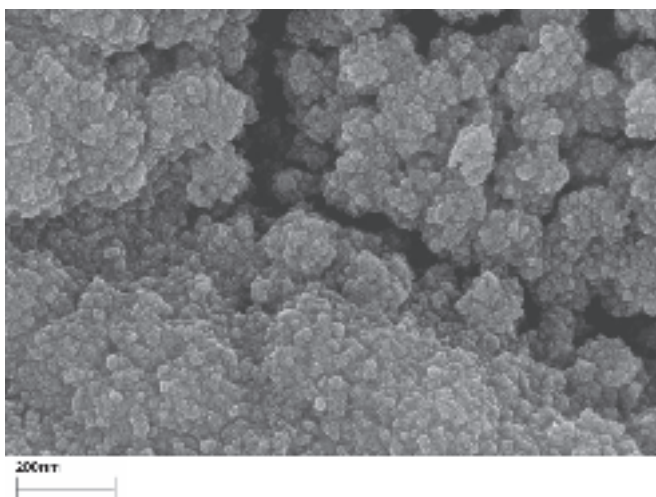
Ionische Flüssigkeiten erlauben auch, Aluminium und seine Legierungen

nanokristallin elektrochemisch abzuscheiden (ENDRES et al. 2003) (**Bild 4**). Interessant sind solche nanokristallinen Leichtmetalle für den Leichtbau; denn es ist bekannt, dass die Härte eines Materials mit abnehmender Korngröße um einen Faktor bis 5 zunehmen kann (GLEITER 1989). Gerade bei Aluminium-Mangan-Legierungen, wie sie z.B. im Automobilbau zum Einsatz kommen, ist eine Verbesserung von Zugfestigkeit und Härte durch einfache Variation der Korngröße einer Legierung von großer Bedeutung für weitere Gewichtsreduktion. Korngrößen im Nanometer-Maßstab öffnen völlig neue Werkstofffenster. Nanokristallines Aluminium, das von uns herge-



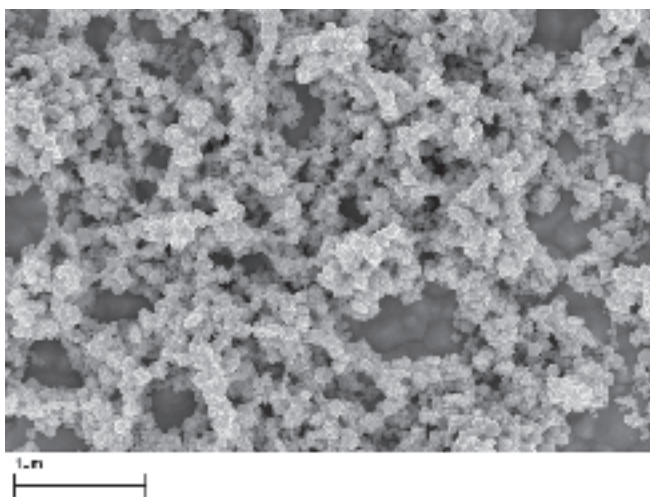
**Bild 4: Elektrochemisch aus einer ionischen Flüssigkeit hergestelltes Aluminiumblech**

Die Dimensionen sind ca. 6 cm x 2 cm; die Dicke beträgt 2 mm. Die volumengemittelte Korngröße der Aluminiumkristallite beträgt 20 nm. Dieses Blech besitzt eine um den Faktor 2,5 höhere Härte und Zugfestigkeit als eine mikrokristalline Referenzprobe



**Bild 2: Hochauflöstes rasterelektronenmikroskopisches Bild von Germanium**

Das Germanium wurde aus Germaniumtetrachlorid ( $\text{GeCl}_4$ ) in einer ionischen Flüssigkeit abgeschieden. Die kleinsten Germaniumkristallite sind nur wenige Nanometer groß. Sie liegen in einem Größenbereich, in dem Quanteneffekte zu erwarten sind



**Bild 3: Hochauflöstes rasterelektronenmikroskopisches Bild von Silizium**

(aus Siliziumtetrachlorid ( $\text{SiCl}_4$ ) in einer ionischen Flüssigkeit abgeschieden)

Wie auch bei Germanium sind die kleinsten Kristallite nur wenige Nanometer groß, so dass auch hier Quanteneffekte zu erwarten sind

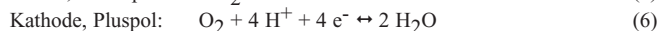
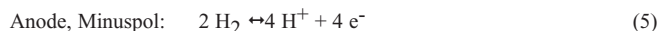
stellt wurde, ist z.B. um den Faktor bis zu 2,5 härter als eine mikrokristalline Referenzprobe (ENDRES et al. 2003).

Die hohe thermische Stabilität, die gute ionische Leitfähigkeit sowie die weitgehende Unmischbarkeit einiger ionischer Flüssigkeiten mit Wasser und einer Vielzahl organischer Lösemittel, wie z.B. Methanol, eröffnen ferner ganz neue Perspektiven für Brennstoffzellen, bei denen ähnlich wie in einer Batterie oder einem Akkumulator chemische in elektrische Energie umgewandelt wird. Auf diesem Gebiet herrscht gegenwärtig eine Stagnation, wobei die notwendige Membran der kritischste Teil ist und daher hier dringend Forschungsbedarf besteht. In gewöhnlichen Niedertemperatur-Brennstoffzellen wird eine protonenleitende Polymermembran als Elektrolyt eingesetzt (meistens Nafion®), die bereits bei Raumtemperatur eine gute Leitfähigkeit für Protonen aufweist. Eine solche Brennstoffzelle liefert schon bei vergleichsweise niedriger Temperatur im Wasserstoff-Betrieb gute Wirkungsgrade. In einer Brennstoffzelle wird z.B. die aus dem Chemieunterricht bekannte Knallgasreaktion



in elektrische Energie umgewandelt. Wasserstoff und Sauerstoff werden durch eine protonenleitende Membran räumlich getrennt. Auf beide Seiten der Membran werden Edelmetalle wie z.B. Platin aufgebracht, die als Katalysatoren und Elektroden fungieren. Wenn man nun auf einer Seite konstant Wasserstoff zuführt und auf der anderen Seite Sauerstoff, misst man bei Raumtemperatur eine Spannungsdifferenz um 1 Volt. Schließt man nun einen elektrischen Verbraucher an, laufen an den Elektroden die folgenden

Teilreaktionen ab:

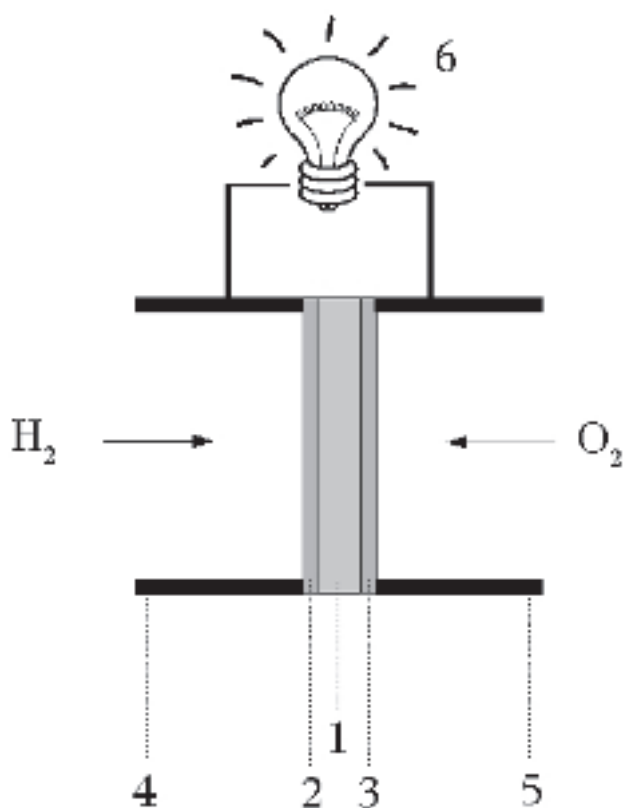


An der Anode wird also Wasserstoff in Protonen und Elektronen zerlegt. Erstere wandern durch die Membran zur Kathode, wo zusammen mit den Elektronen, die über eine elektrische Kontaktierung zur Kathode fließen, Sauerstoff zu Wasser reduziert wird. **Bild 5** zeigt schematisch den Aufbau einer Brennstoffzelle. Ein Nachteil dieser Brennstoffzellen ist, dass die hohe Protonenleitfähigkeit von Nafion oder anderen protonenleitenden Membranen an einen hohen Wassergehalt in der Membran gebunden ist. Der sinnvolle Temperaturbereich ist damit auf Werte zwischen 0 und maximal 110 °C begrenzt: Bei höheren Temperaturen trocknet die Membran schnell aus, bei niedrigeren Temperaturen kann das Wasser in der Membran gefrieren, jeweils mit der Folge, dass der Wirkungsgrad wegen Ohmscher Spannungsverluste drastisch abnimmt. Andererseits wären höhere Temperaturen für die Geschwindigkeit der elektrochemischen Reaktionen sowie für die Leitfähigkeit der Membran von großer Bedeutung. Hier wurde vor kurzem der Einsatz Ionischer Flüssigkeiten diskutiert (DOYLE et al. 2000). So wurde auf der ACS-Tagung in New York 2003 berichtet, dass Brennstoffzellen auf der Basis Ionischer Flüssigkeiten bei Temperaturen um 150 °C a priori zur Nafion-basierten Brennstoffzelle gleichwertige Strom/Spannungs-Kennkurven liefern, und zwar ohne jegliche Optimierung. Temperaturen bis zu 250 °C sind ein durchaus erreichbares Ziel. Im Hinblick auf die Kinetik der elektrochemischen Reaktionen an den Elektroden, die Leitfähigkeit der Membran und die Vergiftung der Katalysatoren wären hohe Temperaturen von großem Vorteil für den erzielbaren Wirkungsgrad. Es ist daher offensichtlich, welches enorme Potential Ionische Flüssigkeiten auch für Brennstoffzellen haben.

Festzuhalten bliebe also, dass ionische Flüssigkeiten faszinierende Perspektiven für die grundlagen- und anwendungsorientierte Elektrochemie bieten und dort sicherlich große Bedeutung gewinnen werden. Die möglichen Anwendungen reichen von der elektrochemischen Synthese optischer Sensoren, Halbleiterchips oder nanokristalliner Leichtmetalle als Werkstoff bis hin zu neuartigen Brennstoffzellen, die die Lücke zwischen der Polymer-elektrolytbrennstoffzelle (PEM) und der Festelektrolytbrennstoffzelle (SOFC) schließen könnten. Sehr erfreulich ist auch, dass sich auch die Industrie für diese neuartigen Elektrolyte interessiert und daher die Grundlagenforschung und die Anwendung Hand in Hand an der Entwicklung wirtschaftlich verwertbarer Produkte arbeiten.

Für weitere Informationen sei auf zwei Übersichtsartikel des Autors verwiesen: ENDRES 2002 und 2004.

Prof. Dr. Frank Endres  
Institut für Metallurgie  
Robert-Koch-Straße 42  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: 05323/72-3141  
Fax: 05323/72-2460  
E-Mail: frank.endres@tu-clausthal.de



**Bild 5: Schema einer Brennstoffzelle**

(1): protonenleitende Membran, (2), (3): Schicht aus Edmetallkatalysatoren, (4): Gaszufuhr für Wasserstoff, (5) Gaszufuhr für Sauerstoff, Gasabfuhr, (6): elektrischer Verbraucher

# Faserverstärkte keramische Werkstoffe: Leichtbauwerkstoffe für hohe Temperaturen

Von Martin Schmücker

Nichtoxidkeramiken wie Nitride, Carbide, Boride oder elementarer Kohlenstoff sind aufgrund ihrer überwiegend kovalenten chemischen Bindung thermisch und mechanisch äußerst stabil, jedoch generell anfällig gegenüber Oxidation bei hohen Temperaturen. Seit vielen Jahren werden Anstrengungen unternommen, durch externe Schutzschichten die Oxidationsbeständigkeit nichtoxidischer Keramikwerkstoffe zu verbessern (z.B. STRIFE und SHEEHAN 1988). Langzeitstabilität gegenüber Oxidation, insbesondere unter thermischer oder mechanischer Wechselbelastung, ist jedoch aus prinzipiellen Gründen schwer zu erreichen: Die zum Oxidationsschutz eingesetzten oxidischen Materialien haben häufig eine höhere thermische Ausdehnung als die nichtoxidischen Substrate (TAYLOR 1984), so dass die Gefahr der Delamination beim Temperaturwechsel groß ist. Zwar existieren auch oxidische Materialien mit geringer Wärmedehnung (z. B. silikatische Gerüststrukturen), jedoch ist hier der Diffusionskoeffizient für Sauerstoff relativ hoch (GANGULI 1991), so dass auch diese Materialien zum langzeitigen Oxidationsschutz nur begrenzt geeignet sind. Für Langzeitanwendungen bei thermischer Wechselbelastung und oxidierender Atmosphäre sollten daher oxidkeramische Werkstoffe eingesetzt werden. Oxidkeramiken haben prinzipiell ein hohes Anwendungspotential sowohl als Strukturwerkstoffe als auch zum thermischen Schutz von Brennkammern sowie für heißgasleitende Komponenten in Flugzeugtriebwerken und in stationären Gasturbinen. Hier treten Temperaturen über 1200 °C auf sowie thermomechanische Materialbelastungen durch schnelle Temperaturwechsel und lokale thermische Beaufschlagung.

Monolithische Oxidkeramiken sind jedoch aufgrund ihrer Sprödigkeit für den technischen Hochtemperatureinsatz in sicherheitsrelevanten Fällen ungeeignet. Daher werden seit den 90er Jahren weltweit Anstrengungen unternommen, oxidkeramische Werkstoffe mit schadenstolerantem, d.h. quasiduktilem Verhalten zu entwickeln. Eine praktikable Möglichkeit, Keramikwerkstoffe mit ausreichender „Zähigkeit“ herzustellen, liegt in der Verstärkung durch keramische Fasern (CHAWLA 1998). Obwohl in diesem Fall beide Komponenten, d.h. keramische Faser und Matrix, inhärent spröde sind, verhält sich der Verbund duktil, sofern die Mikrostruktur des Verbundes bewirkt, dass sich Risse bevorzugt parallel zur Belastungsrichtung ausbreiten (GORDON 1968). Neben der Rissablenkung leistet in faserverstärkten Keramikern der Faser-pull-out einen wesentlichen Beitrag zur Zähigkeitssteigerung (CHAWLA 1998): Hierbei wird die elastische Energie des verformten Werkstücks schrittweise abgebaut, indem während des Bruchvorgangs Faserbruchstücke aus der Matrix herausgezogen werden. Die skizzierten Mechanismen zur Reduzierung der Sprödigkeit von keramischen Materialien setzen voraus, dass eine kontrolliert schwache Faser-Matrix-Haftung vorliegt. Um eine zu starke Faser/Matrix-Bindung zu verhindern, werden die keramischen Fasern häufig mit geeigneten Beschichtungen versehen (s. u.).

## Konventionelles CMC-Design

Wie eingangs erwähnt, sind zähigkeitssteigernde Effekte wie Rissverzweigung oder Faser-pull-out in faserverstärkten Keramikern nur möglich, wenn

die Bindung zwischen keramischen Fasern und der Matrix relativ schwach ist. Andererseits muss die Faser/Matrix-Haftung noch so stark sein, dass Lastübertragung möglich und eine ausreichende Festigkeit des Verbundwerkstoffs parallel zur Faserorientierung gegeben ist. Um die Stärke der Faser/Matrix-Bindung zu beeinflussen, werden die keramischen Fasern beschichtet. Der faserverstärkte Keramikwerkstoff besteht somit aus drei Komponenten: Faser, Matrix und Faserbeschichtung.

## Keramische Fasern

Hochfeste oxidkeramische Endlosfasern sind zum Preis von 500 bis 1000 €/kg kommerziell erhältlich (3M, USA; Sumitomo, Japan). Die Dicke der keramischen Einzelfasern liegt bei 10 µm (Bild 1); die Faserfestigkeiten betragen 2000 bis 3000 MPa (CLAUß 2002). Die Fasern bestehen aus submikrometerskaligem  $\gamma$ - oder  $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  ggf. mit Zusätzen von Mullit,  $\text{ZrO}_2$  oder nichtkristallinem  $\text{SiO}_2$ . Thermodynamisch sind die Mikrostrukturen dieser Fasern nicht stabil: Allgemein erfolgt bei Temperaturen oberhalb 1200 bis 1300 °C eine deutliche Kornvergrößerung; zusätzlich treten bei manchen Zusammensetzungen Phasenumwandlungen (z. B.  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Mullit}$ ) auf. Aufgrund der Kornvergrößerung nimmt die Festigkeit der Fasern oberhalb 1200 bis 1300 °C signifikant ab (Bild 2).

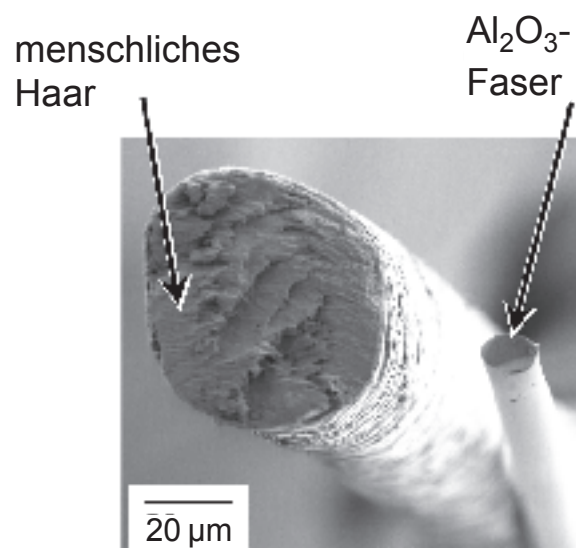


Bild 1: Keramische Faser und menschliches Haar im Größenvergleich



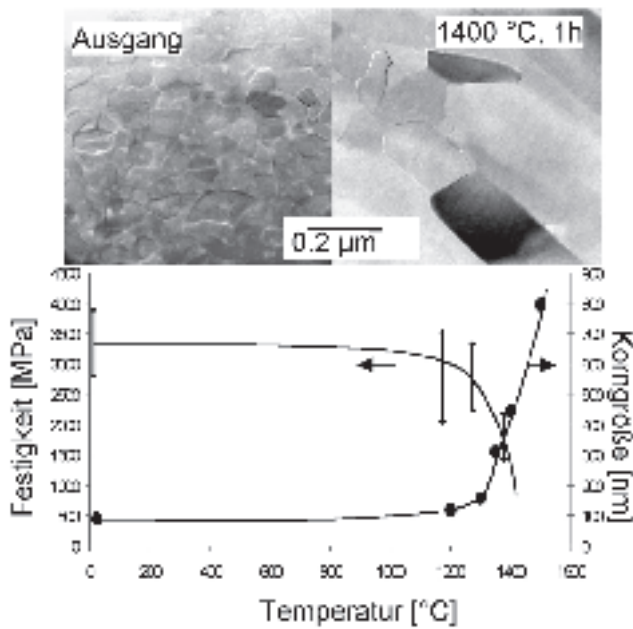


Bild 2: Kornwachstum und Festigkeitsverlust der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Faser Nextel 610 als Funktion der Glühtemperatur

### Faserbeschichtungen

Gute Erfahrungen wurden mit hochgradig anisotropen Beschichtungsmaterialien wie hexagonalem bzw. turbostratischem Kohlenstoff oder Bornitrid gemacht (BRENNAN 1982). Diese Phasen lassen sich im CVD-Prozess in gewünschter Orientierung auf die jeweiligen Fasersubstrate aufbringen. Die Basalebenen von C oder BN sollten dabei parallel zur Faseroberfläche orientiert sein, so dass zwischen Faser und Matrix nur schwache Bindungskräfte vorliegen, womit Rissumleitungen entlang der Fasern und Faser-pull-out ermöglicht werden. BN und C sind allerdings nicht oxidationsbeständig und daher für den Einsatz des Verbundsystems in oxidierender Atmosphäre allenfalls kurzzeitig geeignet. Durch eine weitere Schutzschicht aus SiC (Bild 3) kann die Oxidationsbeständigkeit von BN zwar deutlich verbessert werden, Langzeitstabilität bei Temperaturen oberhalb 1200 °C wird jedoch auch mit Hilfe dieses aufwendigen Doppelschichtsystems nicht erreicht (SCHMÜCKER et al. 1997). Als Alternative zu BN oder Kohlenstoff wird versucht, strukturell und mechanisch anisotrope Oxide als Faserbeschichtungen einzusetzen (CINIBULK und HAY 1996). Hier gelten die sog. Hexaaluminatphasen als relativ aussichtsreich; das sind strukturell schichtartig aufgebaute Verbindungen, die in der  $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$  oder in der Magnetoplumbitstruktur kristallisieren. Es ist jedoch sehr schwierig, Hexaaluminatphasen bei niedrigen Prozesstemperaturen in der geforderten Orientierung auf dünne (ca. 10 µm) keramische Fasern aufzubringen. Weiterhin ist die mechanische Anisotropie der Hexaaluminatphasen weit weniger ausgeprägt als im Fall von Graphit oder turbostratischem BN. Ein weiteres Konzept zur Kontrolle der Faser-Matrix-Bindung sind poröse Faserbeschichtungen. Durch Ausbrennen flüchtiger Bestandteile kann eine hohe Porosität innerhalb der Faserbeschichtung eingestellt werden, wodurch sich eine schwache Bindung zwischen Fasern und Matrix ergibt. Problematisch ist jedoch auch hier die Langzeitstabilität der nanoskaligen Poren: Bei Temperaturen oberhalb 1200 °C finden Porenagglomerationen und Sintereffekte innerhalb der porösen Faserbeschichtung statt, wodurch die Faser/Matrix-Bindung deutlich ansteigt. Eine Alternative zur porösen Faserbeschichtung stellen die sog. „fugitive coatings“ dar. Hierzu erhalten die Fasern eine sehr dünne Kohlenstoffschicht, die nach der Kompaktierung des Verbundwerkstoffs ausgebrannt wird und eine nanometerskalige Lücke mit sporadischen Kontakten zwischen Faser und Matrix hinterlässt. Die Dicke des Spalts sollte dabei im Bereich der Oberflächen-

rauigkeit der Fasern liegen (KERANS et al. 2002). Problematisch ist auch hier die thermische Langzeitstabilität der Mikrostruktur.

### Matrixsysteme und Herstellung des Verbundwerkstoffs

Nach der Beschichtung müssen die keramischen Fasern homogen in eine geeignete keramische Matrix eingebracht werden. Zur Herstellung des keramischen Verbundsystems werden die Faserbündel oder -gewebe mit einem Schlicker, einem Sol oder Lösungen, die die Komponenten der späteren keramischen Matrix enthalten, infiltriert. Durch Verdampfen der Trägerlösung, Ausfällung oder Gelation bilden sich sinteraktive keramische Vorstufen, die nach weiteren Wärmebehandlungsschritten die Matrix des Verbundwerkstoffs bilden. Typische oxidkeramische Matrices sind  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Mullit und Yttrium-Aluminium-Granat (YAG).

Die Herstellung von dichten keramischen Matrices ist keineswegs einfach: Zum einen sollten die Prozesstemperaturen ca. 1350 °C nicht überschreiten, um Faserschädigungen zu vermeiden (s.o.). Zum anderen wirkt das starre Fasergerüst dem Schwinden der Matrix entgegen, so dass beim Sintern häufig ausgeprägte Schwindungsrisse entstehen. Diese Effekte können durch Heißpressverfahren abgemildert werden, allerdings nur im Fall einfacher Bauteilgeometrien. Eine interessante Alternative sind endformnahe Reaktionsbindetechniken (WU et al. 1993). Hierbei werden Metallpulver eingesetzt, die unter Volumenzunahme zur Matrixphase oxidieren. Die Volumenzunahme bei der Oxidation wirkt dabei der sinterbedingten Volumenabnahme entgegen. Die Temperaturen für den Reaktionsbindeprozess sind jedoch im Allgemeinen recht hoch (für Mullitmatrices ca. 1500 °C). Zur Herstellung von Mullitmatrices kann die Reaktionstemperatur jedoch gesenkt werden, indem geeignete Additive ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ) eingesetzt werden (MECHNICH et al. 1999). Beim Reaktionsbinden mit Additiven bildet sich eine transiente niedrigviskose Schmelzphase, die den Sinterprozess soweit beschleunigt, dass Temperaturen von 1350 °C ausreichen. Kritisch ist jedoch, dass viele der o.g. Faserbeschichtungen gegenüber der transienten Schmelzphase nicht stabil sind.

Es wird deutlich, dass die Herstellung oxidkeramischer Verbundwerkstoffe

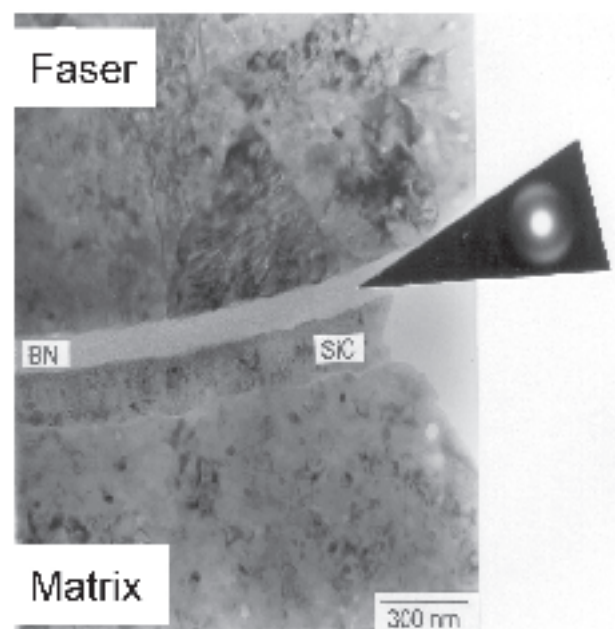


Bild 3: BN-Faserbeschichtung mit zusätzlicher SiC-Schicht zum Oxidationsschutz

nach dem bisher skizzierten Konzept (Faserbeschichtung und relativ dichte Matrix) äußerst schwierig ist. Im Labormaßstab wurden oxidische CMCs unter Verwendung unterschiedlicher Faserbeschichtungen und Matrixsysteme hergestellt und erfolgreich getestet; trotz intensiver Forschungsarbeit ist die Skalierung in den technischen Maßstab jedoch noch nicht erfolgt.

#### Ein neues Konzept: CMCs mit poröser Matrix

Vor wenigen Jahren wurde eine Alternative zu keramischen Verbundwerkstoffen mit Faserbeschichtung und dichter Matrix gefunden (TU et al. 1996): Oxidkeramische Verbundwerkstoffe ohne Faserbeschichtung mit hochporöser Matrix (Bild 4). Die poröse Matrix übernimmt dabei eine ähnliche Rolle wie die oben beschriebene poröse Faserbeschichtung. So erlaubt das poröse Matrixgerüst, welches die Fasern verbindet, zwar eine gewisse Lastübertragung von Faser zu Faser; es ist jedoch hinreichend schwach, um die geforderte Quasiduktilität durch Rissverzweigungen innerhalb der Matrix und Delaminationen zwischen Fasern und Matrix zu ermöglichen. Hinsichtlich des Bruchverhaltens erinnern diese Werkstoffe an Holz. Faserverbundwerkstoffe mit porösen Matrices erscheinen besonders attraktiv: Sie zeigen ein quasiduktiles, schadenstolerantes Verformungsverhalten und sind relativ einfach und preiswert herzustellen, da aufwendige Techniken zur Faserbeschichtung und Matrixverdichtung entfallen. Zurzeit werden F&E-Arbeiten an oxidischen CMCs mit poröser Matrix hauptsächlich in den USA (Universität Santa Barbara, General Electric, COI) und in Deutschland (DLR, Köln) durchgeführt (SCHNEIDER et al. 2000). Die Herstellung dieser Werkstoffe erfolgt bereits im Technikumsmaßstab.

#### Herstellung von keramischen Faserverbundwerkstoffen mit poröser Matrix

Fasergewebe oder -bündel werden mit geeigneten Schlickern (Suspensionen mit feinstkörnigen Partikeln der Matrixphase) getränkt. Durch eine spezielle Aufbereitung der Matrixschlicker erreicht man, dass beim Sintern der Matrix innerhalb des starren Fasergerüsts anstelle einzelner großer Schwindungsrisse eine weitgehend homogene Porosität entsteht. Der beim DLR entwickelte und hergestellte Verbundwerkstoff WHIPOX® (wound highly porous oxide CMC) besteht aus aluminiumsilikatischen Matrices (ca. 70 bis 95 Gew.-%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) und Aluminiumoxid- oder Aluminiumsilikatfasern (Nexcel 610 und 720). WHIPOX-Leichtbauwerkstoffe werden durch einen kontinuierlichen Wickelprozess hergestellt (Bild 5):

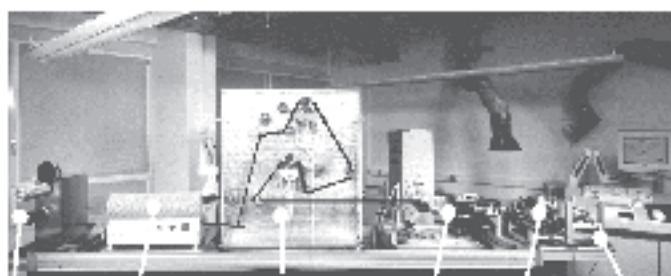


Bild 5: Herstellungsprozess des keramischen Verbundwerkstoffs WHIPOX

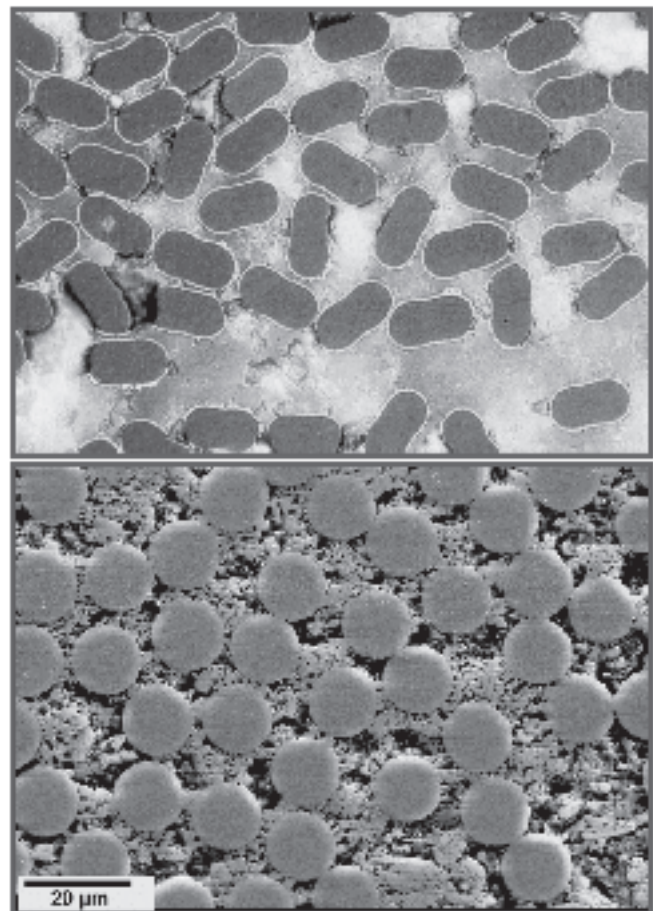


Bild 4: Unterschiedliche Konzepte für faserverstärkte Keramikwerkstoffe: CMC mit dichter Matrix und Faserbeschichtung (oben); CMC mit poröser Matrix (unten)

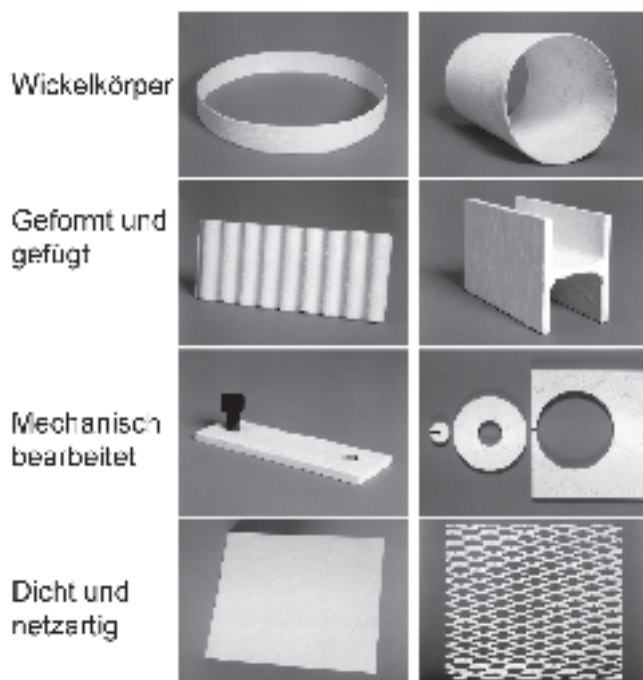
Die Ausgangsfaserbündel passieren zunächst einen Rohrofen, um die Beschichtung („Sizing“) der Rovings auszubrennen. Anschließend erfolgt die Infiltration der Faserbündel durch den Schlicker, der submikrometerskallige hochreaktive  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und Mullitprecursorpartikel enthält. Durch die anschließende Vortrocknung der infiltrierten Faserbündel wird die Viskosität des Schlickers definiert eingestellt. Die angetrockneten – aber noch feuchten – Rovings werden auf zylindrische Kerne gewickelt, wobei die computergesteuerte Rotationsgeschwindigkeit des Kerns und die seitliche Verfahrgeschwindigkeit des Schlittens Ablegewinkel zwischen 90 und 45° ermöglicht.

Mit dieser Wickeltechnik können Rohre mit bis zu 250 mm Durchmesser und einer Länge von ca. 400 mm gefertigt werden. Zur Herstellung komplexerer Formen werden die noch feuchten Grünkörper von der Wickeltrommel genommen, ausgewalzt und durch Umformen in die gewünschte Form gebracht. Dickere Komponenten können durch Lamination mehrerer dünner Lagen im feuchten Zustand aufgebaut werden. Nach Ausheizen der organischen Additive bei 700 °C werden die ►

\*) siehe auch [www.whipox.de](http://www.whipox.de)



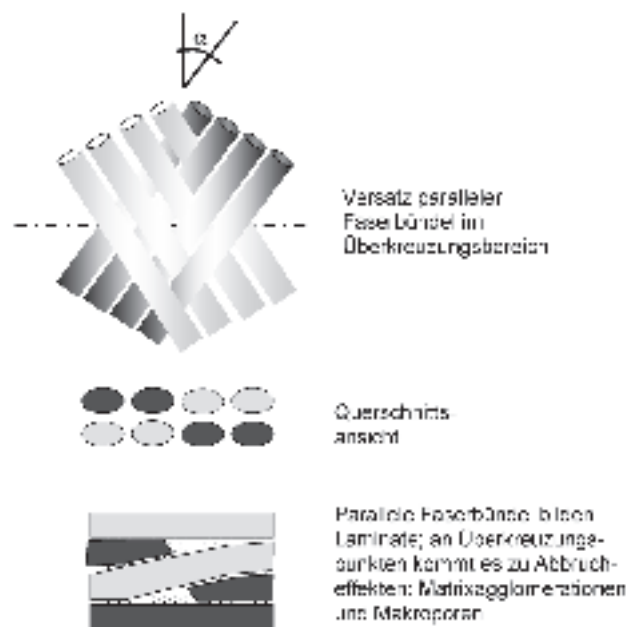
WHIPOX-Komponenten kurzzeitig bei ca. 1300 °C drucklos in Luft gesintert. Der Fasergehalt der Verbundwerkstoffe (15 bis 50 Vol.-%) ist durch den Wickelwinkel, die Dicke des Faserbündels (i. allg. 400 bis 800 Einzelfasern) und die Schlickerviskosität variierbar. Je nach verwendeter Faser und Fasergehalt erreicht man Enddichten zwischen 1,4 und 2,1 g/cm<sup>3</sup> mit Matrixporositäten zwischen 60 und 80 Vol.-%. Die hochporöse Struktur des Werkstoffs bedingt, dass das Material nach dem Sinterprozess auch problemlos gesägt, gebohrt oder gedreht werden kann. Typische WHIPOX-Formteile sind in **Bild 6** gezeigt.



**Bild 6: WHIPOX-Formteile**

### Mesostruktur und mechanische Eigenschaften

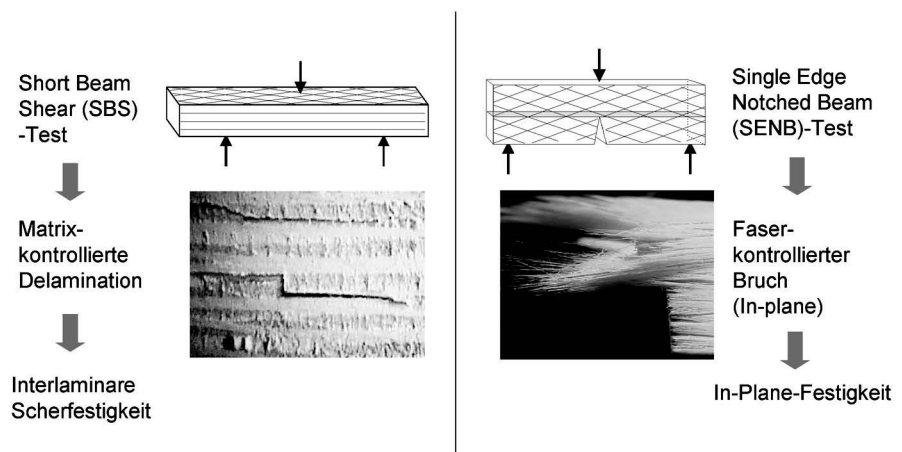
Idealerweise sollten die Fasern in WHIPOX-Verbundwerkstoffen homogen in der Matrix verteilt sein. Es zeigt sich jedoch, dass ein laminartiger Aufbau vorliegt mit faserreichen Regionen und interlaminaren Matrixagglomerationen. Das Auftreten der interlaminaren Matrixbereiche liegt u.a. im Wickelprozess begründet: Es zeigt sich, dass Matrixagglomerationen besonders häufig im Überkreuzungsbereich von Faserbündeln auftreten. Die Ursache ist in **Bild 7** skizziert. Die mikroskopische Analyse zeigt, dass das Ausmaß der interlaminaren Matrixbereiche einen unmittelbaren Einfluss auf die interlaminare Scherfestigkeit des Materials hat (SCHMÜCKER et al. 2003). Generell verursacht der anisotrope Aufbau der Faserverbundkeramik anisotrope mechanische Eigenschaften: Je nach angreifender Last versagt der Werkstoff matrixdominiert durch Interlamination oder durch Faserbruch, wenn Zugbelastungen in Faserrichtung dominieren (**Bild 8**). Die interlaminaren Biegefestigkeiten liegen zwischen 5 und 20 MPa, die faserdominierten „in-plane“-Festigkeitswerte liegen, je nach verwendetem Fasertyp, bei 150 bis 300 MPa.



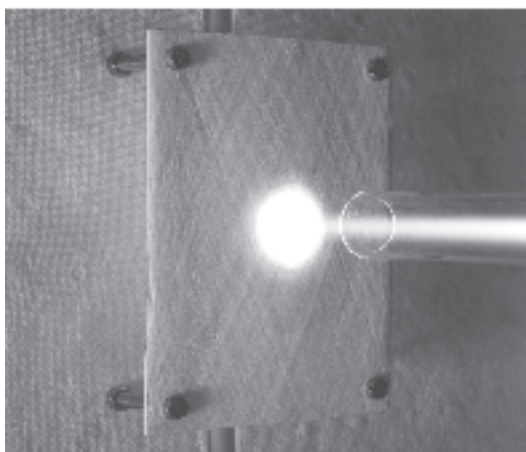
**Bild 7: Interlaminare Matrixagglomerationen in WHIPOX CMCs als Folge des Wickelprozesses**

Untersuchungen zum Ermüdungsverhalten bei zyklischer Belastung zeigten bei 10000 Lastwechseln keine Degradationseffekte, sofern die Keramik ausschließlich im elastischen Bereich belastet wurde. Wird der Faserverbundwerkstoff dagegen zyklisch über den elastischen Bereich hinaus beansprucht, beobachtet man einen kontinuierlichen Rückgang der Steifigkeit aufgrund einer zunehmenden Defektdichte im Material, wie z.B. Mikrorisse oder lokale Delaminationserscheinungen (GÖRING et al. 2002).

Aufgrund ihres quasiduktilen, schadenstoleranten Deformationsverhaltens besitzen faserverstärkte Keramiken mit poröser Matrix ein ausgezeichnetes Temperaturwechselverhalten. Thermisch induzierte Spannungen bauen sich über sehr geringe Distanzen ab, so dass auch eventuelle Schädigungen auf lokale Bereiche beschränkt bleiben. Extreme thermische Gradienten, die z.B. beim lokalen Aufheizen einer WHIPOX-Platte mit einer Acetylenflamme entstehen (**Bild 9**), verursachen keine makroskopischen Schädigungen.



**Bild 8: Unterschiedliche Versagensmechanismen in faserverstärkten Keramikwerkstoffen aufgrund des anisotropen Gefüges**



**Bild 9: Hot-Spot-Test: Schnellversuch zur Thermoschockbeständigkeit**

### Thermische Beständigkeit

Die Hochtemperaturbeständigkeit von Faserverbundkeramiken mit porösen Matrices wird nicht nur vom Degradationsverhalten der Fasern, sondern besonders auch von reaktiven Prozessen zwischen Faser und Matrix bzw. innerhalb der Matrix beeinflusst. Vergleicht man WHIPOX-Verbunde, die relativ SiO<sub>2</sub>-reiche Matrices besitzen (ca. 30 Gew.-% SiO<sub>2</sub>, Mullit plus geringe Anteile SiO<sub>2</sub>-Glas), mit SiO<sub>2</sub>-ärmeren Qualitäten (5-20 % SiO<sub>2</sub>), beobachtet man deutliche Unterschiede (SCHMÜCKER et al. 2000): Die Glasphase der SiO<sub>2</sub>-reicheren Matrices reagiert mit dem  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> der Fasern, so dass sich ein Mullitsaum am Rand der Fasern ausbildet. Gleichzeitig kommt es innerhalb der Matrix zu ausgeprägten Sintereffekten (**Bild 10**). Aufgrund dieser Effekte verliert der Verbundwerkstoff seinen duktilen Charakter. Anders verhalten sich dagegen WHIPOX-Verbundwerkstoffe mit Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-reichen Matrices. Hier existieren die Phasen von Faser und Matrix, d.h. jeweils Mullit und  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, im Gleichgewicht. Faser/Matrix-Reaktionen finden nicht statt, so dass der Verbund selbst nach Glühungen bei 1600 °C nicht spröde versagt. ►

## RHI Refractories

### Globaler Partner für globale Kunden

Feuerfest bildet das Kerngeschäft des RHI Industriekonzerns. Ein Global Player mit Unternehmenssitz in Wien, Österreich.



### Weltweiter Markt- und & Technologieführer

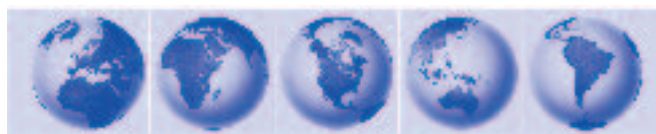
Unter der Dachmarke RHI Refractories produziert der Konzern feuerfeste Rohstoffe, Produkte und Systeme, die bei industriellen Hochtemperaturprozessen unverzichtbar sind. Damit werden Kunden der Grundstoffindustrie - Eisen & Stahl, Zement, Kalk, Glas, Nicht-eisenmetalle, Umwelt, Energie, Chemie - in aller Welt beliefert und serviert.

Die führende globale Wettbewerbsposition von RHI Refractories basiert auf der hohen Qualität der Produkte und der Serviceleistungen. Kurze Reaktionszeiten und konsequente Kundenorientierung werden durch ein engmaschiges Weltnetzwerk mit Produktions- und Verkaufsstandorten auf allen Kontinenten garantiert.

RHI Refractories beschäftigt weltweit 5.800 Mitarbeiter. Die Technologieführerschaft wird durch eine intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit - konzentriert im Technologiezentrum Leoben, Österreich - mit zahlreichen internationalen Partnern und Kooperationen abgesichert und weiter ausgebaut.

**Um im globalen Wettbewerb auch in Zukunft erfolgreich zu sein, bedarf es hoch qualifizierter, international orientierter und flexibler MitarbeiterInnen mit Entwicklungspotenzial und Weiterbildungsbereitschaft.**

**Infos und Bewerbungen unter [www.rhi-ag.com](http://www.rhi-ag.com)**

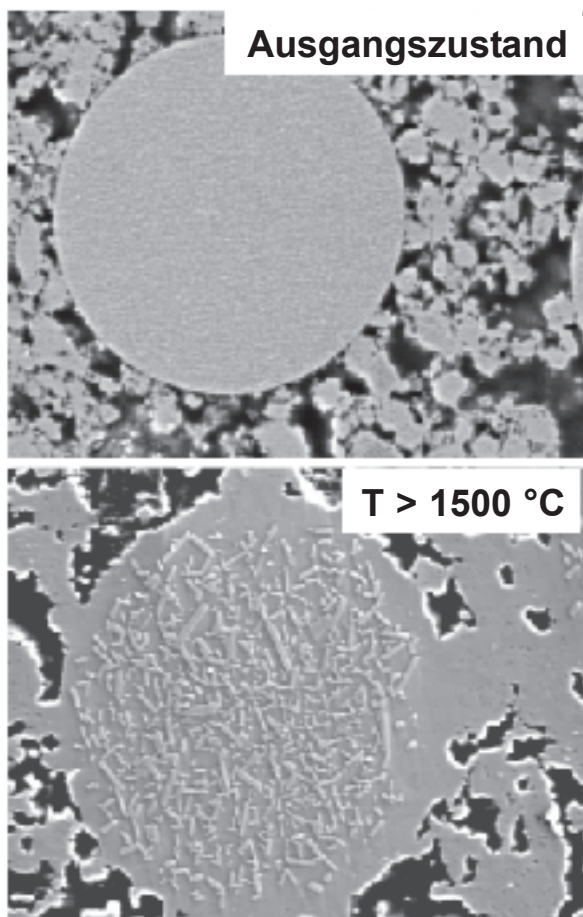


RHI Refractories, der Weltmarkt- und Technologieführer Feuerfest. Ein Global Player mit 100 Standorten auf allen Kontinenten.

**Die internationale Karrierechance** für flexible, global orientierte junge Menschen mit außergewöhnlicher Qualifikation & Leistungsbereitschaft.

Nähere Informationen unter:  
[www.rhi-ag.com](http://www.rhi-ag.com)

Bewerbungen an:  
RHI AG  
Human Resources  
Wienerbergstraße 11  
A-1100 Wien  
[recruiting@rhi-ag.com](mailto:recruiting@rhi-ag.com)



### Zusammenfassung

Oxidkeramische Werkstoffe zeichnen sich durch hohe thermische und chemische Stabilität aus. Ein quasiduktiles Verformungsverhalten lässt sich durch den Einbau von hochfesten keramischen Langfasern erzielen. Voraussetzung für ein quasiduktiles, schadenstolerantes Deformationsverhalten ist eine relativ schwache Faser/Matrix-Bindung, damit Mechanismen wie Rissumleitung, Rissverzweigung oder Faser-pull-out greifen können. Die Bindung zwischen Fasern und Matrix lässt sich durch geeignete Faserbeschichtungen gezielt einstellen; in einem alternativen Konzept wird jedoch auf die Faserbeschichtung verzichtet und eine hochporöse Matrix eingesetzt. Oxidkeramische Faserverbundwerkstoffe mit hoher Matrixporosität zeigen bemerkenswerte mechanische Eigenschaften; gleichzeitig ist die Herstellung der Keramikverbunde verhältnismäßig einfach und preiswert. Herstellung, Mikrostruktur und Eigenschaften eines nach dem Konzept der porösen Matrix im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt entwickelten Werkstoffs wurden vorgestellt.

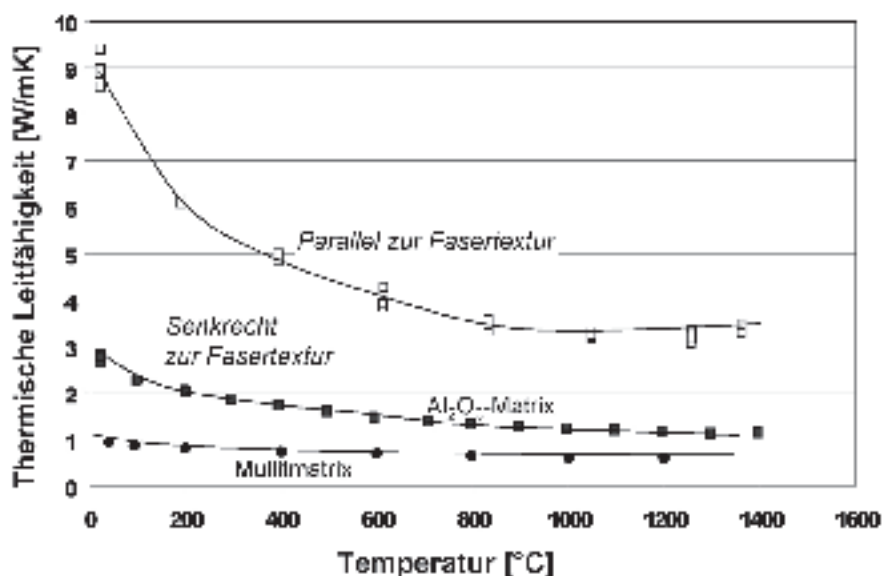
PD Dr. rer. nat. Martin Schmücker  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Institut für Werkstoff-Forschung  
Linder Höhe  
51147 Köln  
Tel.: 02203/601-2462  
E-Mail: martin.schmuecker@dlr.de

**Bild 10: WHIPOX-CMC mit silikatischer Matrix und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -reichen Fasern: Faser/Matrix-Reaktionen bei hohen Temperaturen**

### Weitere Eigenschaften

Eigenschaften wie die thermische Leitfähigkeit oder Gaspermeabilität sind von Bedeutung für einen Einsatz der WHIPOX-Faserverbundkeramiken für Thermalschutzsysteme, Hochtemperaturfilter oder Brennerbauteile. Die Wärmeleitfähigkeit senkrecht und parallel zur Fasertextur ist in **Bild 11** dargestellt. Bei hohen Temperaturen erhält man Werte von etwa 1 bzw. 3,5 W/mK. Mullitreiche Produkte haben generell eine niedrigere thermische Leitfähigkeit als  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -reiche Materialien.

Die Gaspermeabilität der WHIPOX-Verbundwerkstoffe wird in hohem Maß von den Herstellungsparametern beeinflusst: Es lassen sich Flussraten von 10 bis 100 l/(cm<sup>2</sup> h) bei einem Überdruck von 250 mbar einstellen. Falls jedoch weitgehend gasdichte Materialien gefordert sind, lässt sich die Oberfläche von WHIPOX-CMCs nachträglich versiegeln.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schichten erweisen sich hierzu als aussichtsreich. Ein weiterer Vorteil der nachträglichen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Beschichtung ist die deutlich verbesserte Erosionsbeständigkeit.



**Bild 11: Thermische Leitfähigkeit von WHIPOX-CMCs**

# Neue Entwicklungen bei der Erstellung von Abschluss- und Dammbauwerken in Untertagedeponien und Endlagern

Von Helmut Mischo

## Stand der Deponierung und Endlagerung unter Tage

Eines der meistdiskutierten Probleme der Entsorgungs- und Abfallkonzepte in den Industrienationen weltweit stellt der Umgang mit radioaktiven und chemotoxischen Abfällen dar. In Expertenkreisen herrscht ein allgemeiner Konsens darüber, dass die Verbringung nach unter Tage und die Einlagerung in geologischen Schichten die sicherste Möglichkeit darstellt, Abfälle mit hohem Gefährdungspotential dauerhaft einzuschließen. In den verschiedenen Industrienationen sind dafür unterschiedliche Wirtsgesteine für eine Erkundung und Einlagerung vorgesehen. So werden zum Beispiel in der Schweiz Ton- und Granitformationen und in den skandinavischen Ländern ebenfalls Granite untersucht. In Frankreich werden für die Einlagerung radioaktiver Abfälle Tonformationen betrachtet, in Deutschland ist die Einlagerung für nicht wärmeentwickelnde Abfälle im ehemaligen Eisenerzbergwerk Konrad genehmigt. In den USA werden die Tuff-Formationen des Yucca Mountain in Nevada für die Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle untersucht.

Die meisten Betriebserfahrungen liegen bei der Einlagerung von Abfällen in Salzformationen vor. Mit der versuchsweisen Einlagerung radioaktiver Abfälle im Forschungsbergwerk Asse in den Jahren 1967 bis 1978, dem Betrieb des Endlagers Morsleben von 1971 bis 1998 und der Inbetriebnahme der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) in Carlsbad, New Mexico, USA, am 26. März 1999 wurde bis heute in drei Projekten die Einlagerung radioaktiver Abfälle im Salzgebirge vorgenommen.

Darüber hinaus werden die Einlagerung chemotoxischer Abfälle zur Zeit in Deutschland in den Untertagedeponien Zielitz, Herfa-Neurode und Heilbronn durchgeführt. Die Untertagedeponien Borth und Niedersachsen-Rie-

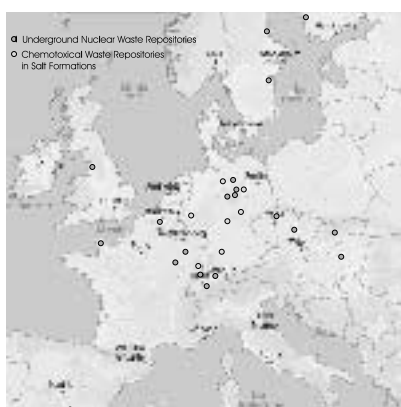
del stehen ebenso zur Verfügung. In Frankreich erfolgte bis 2003 die Einlagerung in der Deponie Stocamine im ehemaligen Kalibergwerk Amélie. Die **Bilder 1** und **2** zeigen die geplanten und errichteten Endlager sowie die Untertagedeponien in Europa und in den USA.

## Anforderungen an Baustoffe für Verschlussbauwerke

Bei einer Einlagerung von radioaktiven oder chemotoxischen Abfällen im Salzgebirge müssen die Bereiche, die in Entsorgungsbergwerken zur Aufnahme von Abfällen dienen, nach Abschluss der Einlagerung sicher und dauerhaft von der Biosphäre abgeschlossen werden. Ein Teil dieser Abschlussmaßnahmen ist die Errichtung von Verschlussbauwerken in den Zugangsstrecken. Die geplante Lebensdauer eines solchen Dammbauwerkes von mehreren 100 Jahren, die hohen technischen und sicherheitlichen Anforderungen über die gesamte Lebensdauer hinweg und die speziellen Eigenschaften des umgebenden Salzgesteins bedingen hierbei besondere Eigenschaften der einzusetzenden Baustoffe.

Diese Anforderungen sind im Einzelnen wie folgt definiert:

- Die Abbindefähigkeit und die Funktionsfähigkeit müssen auch im salinen Milieu gewährleistet sein. Die als Gebirge anstehenden Salze dürfen keinen negativen Einfluss auf die baustofftechnischen Kenndaten ausüben. Aufgrund der hohen Gebirgstemperaturen muss ein Dammbauwerk sowohl bei hohen Temperaturen sicher abbinden als auch über lange Zeiträume seine Funktionsfähigkeit bei hohen Temperaturen behalten. Die Dichtigkeit gegenüber möglicherweise anstehenden Gasen, Wässern und Laugen – und zwar sowohl aus dem Einlagerungsbereich heraus in das



**Bild 1: Endlager (stillgelegt, in Betrieb und geplant) und Untertagedeponien in Europa**



**Bild 2: Endlager (in Betrieb und geplant) in den USA**



übrige Grubengebäude als auch auf dem umgekehrten Weg in den Einlagerungsbereich hinein – ist Funktionsziel des Dammbauwerkes. Erreicht wird dies durch eine Permeabilität im abgebundenen Baustoff, die es ermöglicht, den Damm technisch dicht auszuführen, und die dem anstehenden Gebirge entsprechen sollte.

- Um auch auf plötzliche Ereignisse im Grubengebäude während der Betriebsphase, beispielsweise Laugenzutritte, reagieren zu können, muss ein Dammbauwerk innerhalb kürzester Zeit erstellt werden können. Dies setzt voraus, dass der eingesetzte Baustoff zum einen maschinell einbringbar ist, zum anderen bei akutem Gas- und Laugenandrang die notwendige Fröhlichkeit ab Einbauzeitpunkt aufweist. Um diese Dichtigkeit auch für die gesamte Dammzone sicherzustellen, muss der Baustoff ein ausreichendes Quellvermögen – zur Raumauffüllung in der Dammzone und zur Vermeidung von Ringfugenundichtigkeiten – sowie ein ausgeprägtes Anbindeverhalten an das umgebende Salzgebirge besitzen.
- Aufgrund der geforderten langen Funktionszeit eines Dammbauwerkes im Salinar – bis zur vollständigen Konvergenz der Strecken und Kammern können mehrere Jahrhunderte vergehen – sind die Alterungsbeständigkeit und die Langzeitdichtigkeiten der eingebrachten Baustoffe eine unverzichtbare Bedingung. Dabei darf der Dammkörper auch bei unterschiedlichen Salzinventaren in den anstehenden Laugen nicht durch Löse- und Umlöseprozesse angegriffen werden. Die Laugenbeständigkeit muss sowohl für natriumchlorid- als auch für magnesiumchloridgesättigte Laugen gegeben sein.
- Die bei dem vollständigen Verschluss der Zugangsstrecken auftretende Konvergenz stellt besondere Herausforderungen an ein Dammbauwerk. Der Damm darf dem konvergierenden Gebirge keine zu hohen Widerstände entgegensetzen, um die Schaffung von Wegsamkeiten durch ein Umfließen des Dammes und ein damit verbundenes Aufreißen des bis dahin dichten Gebirgsverbandes zu vermeiden. Gleichzeitig muss die Funktionsfähigkeit des Dammbauwerkes auch bei der durch das konvergierende Gebirge verursachten Formänderung des Dammkörpers erhalten bleiben. Der Baustoffkörper im Damm sollte eine dem Salinar ähnliche Fließfähigkeit aufweisen.
- Als weitere Anforderungen an einen Baustoff für den Einsatz als Damm- baustoff unter Tage sind die gesundheitliche Eignung und die Zulassung für den Untertageeinsatz zu nennen.
- Da davon ausgegangen werden muss, dass sich im Einlagerungsbereich explosionsfähige Gasgemische bilden können, muss der Baustoff es erlauben, den Dammkörper als explosionsssicheren Damm ausführen zu können.

## Untersuchung von Calciumsulfaten als Dammbau- stoffe im Salinar

Auf der Grundlage der formulierten Anforderungen an einen Dammbaustoff für den Einsatz als Streckenverschluss im Salzgebirge wurden am Institut für Bergbau der TU Clausthal Baustoffgemische untersucht, die den verschiedenen Anforderungen weitestgehend entsprechen. Die Wahl fiel hierbei auf einen Baustoff auf Salz-Anhydrit-Basis. Insbesondere die Verwendung lagerstättentypischer Materialien sowie die aus Fremdanwendungen bekannten positiven Eigenschaften der Einzelkomponenten ließen die Untersuchung dieser Baustoffgemische erfolversprechend erscheinen.

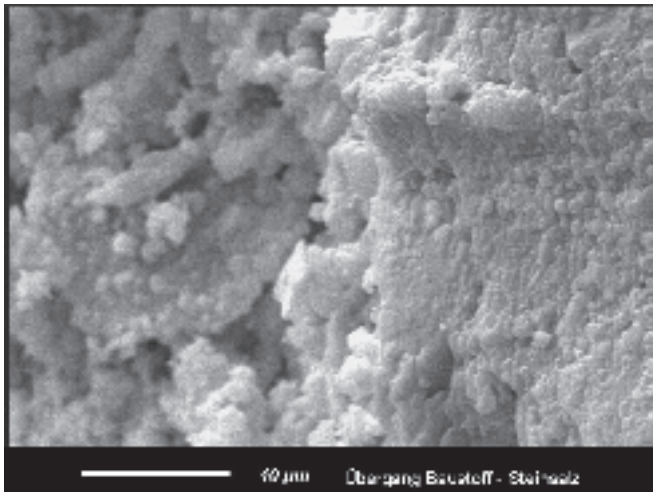
- **Physikalische Eigenschaften:**  
Die physikalischen Eigenschaften für Calciumsulfatbaustoffe sind die Herausbildung einer festen und dichten Baustoffmatrix, das bekannte Kriechvermögen und die Kompressibilität, die mit einer Verringerung der Porosität einhergeht. Hinzu kommt das gute Quellvermögen bei gleich- zeitig begrenztem Quelldruck. Eine weitere Forderung ist die gute Wärmeleitfähigkeit, die sich auf dem Niveau des umgebenen Salzgebirges befindet oder besser ist, um beim Einschluss wärmeentwickelnder Abfälle eine schädliche Temperaturerhöhung im Nahbereich der Abfallbehälter bzw. im gesamten Baustoffkörper zu vermeiden.
- **Chemische Eigenschaften:**  
Zu den chemischen Eigenschaften, die zur Auswahl der Baustoffgruppen führten, gehört die Zugehörigkeit zur natürlichen Salzfolge beim Calci- umsulfat-Baustoff, die zu erwartende Beständigkeit gegen Salzlösungsan- griffe beim Andrang gesättigter Laugen, die Alterungsbeständigkeit der Baustoffbestandteile sowie die Abbindefähigkeit und Beständigkeit im salinaren Milieu.
- **Mechanische Eigenschaften:**  
An mechanischen Eigenschaften sind die sich ergebenden Zug- und Druckfestigkeiten maßgeblich, die gemäß der vorgegebenen Bedingun- gen durch Variation der Rezeptur einstellbar sind. Auch die leichte Verar- beitbarkeit und Einbringbarkeit sowie die einfache Erstellung eines Bau- stoffkörpers im monolithischen Block sind von Bedeutung.

Allgemein gilt, dass technisch eingesetzte Baustoffe auf Calciumsulfatbasis kein Endkriechmaß aufweisen und sich ständig bei relativ hoher Kriechrate in Abhängigkeit der herrschenden Umgebungsbedingungen verformen. Die schnelle Einsatzfähigkeit eines Dammes auf Calciumsulfatbasis beruht darauf, dass diese Baustoffe bei entsprechender Rezeptur relativ hohe Früh- festigkeiten aufweisen, raumbeständig hergestellt werden können und für eine geringe Permeabilität eine maschinelle Nachverdichtung nicht notwen- dig ist. Auf Grund ihrer guten Verdichtung und Volumenzunahme sofort nach dem Einbringen sind kaum Luftporen enthalten. Die für ein Dammbau- werk geforderte geringe Permeabilität der aus Anhydritbaustoffen erstellten Dammbauwerke wurde bereits beim Einsatz im Steinkohlenbergbau festge- stellt.

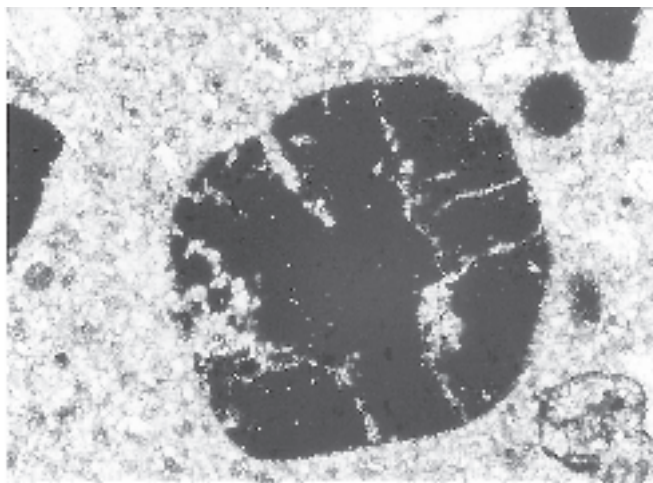
Zunächst wurden in einem umfangreichen Versuchsprogramm im Labor die erwarteten Eigenschaften der Baustoffe unter den besonderen Randbedin- gungen eines Endlagers im Salinar untersucht. Dabei wurden folgende Eigenschaften und Abhängigkeiten festgestellt.

- Festigkeitsentwicklung in Abhängigkeit
  - vom eingestellten Wasser-Bindemittel-Wert
  - vom NaCl- bzw. Inertzuschlag im Baustoff
  - vom Kornspektrum im Zuschlag
  - vom Anreger im Bindemittel (nur beim Calciumsulfatbaustoff) und
  - von der gewählten Anmachflüssigkeit
- Einfluss von Förderverfahren und Zuschlägen auf die Qualität des Bau- stoffs
- Laugenbeständigkeit
- Durchlässigkeit
- Kriechvermögen und Verzerrung
- Porosität
- Quellvermögen
- Anbindeverhalten an das umgebende Salzgebirge mit Anbindefähigkeit und Anbindequalität
- Funktionsfähigkeit bei hohen Temperaturen ▶





**Bild 3: Aufnahme des Übergangs Baustoff-Steinsalz unter dem Elektronenmikroskop bei 2.500-facher Vergrößerung**



**Bild 4: Rissausfüllung im NaCl-Korn mit Bindemittel im Dünnschliff bei 100-facher Vergrößerung**

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen von Anhydritmörteln mit Steinsalzzuschlägen als Dammbaustoff im Hinblick auf den Einsatz in Salzbergwerken können in drei Abschnitten zusammengefasst werden.

- Als Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen kann die Anbindung des Baustoffs an anstehendes Salzgestein als dichtes Anhaften der feinstkörnigen hydratisierten Bindemittelfraktion des Baustoffs an das Steinsalzmineral beschrieben werden. **Bild 3** zeigt den Übergang Baustoff-Steinsalz für eine Bruchfläche senkrecht zur Anbindezone. Bei den untersuchten Proben konnte weder unter dem Elektronenmikroskop noch durch Einfärbeversuche ein Hinweis auf die Ausbildung von Trennflächen zwischen Nebengestein und Baustoff gefunden werden. Allgemein kann die Anbindung der Baustoffmatrix an das Steinsalz als sehr gut bezeichnet werden. Hierbei spielt es keine Rolle, ob das Steinsalz als Zuschlag in der Baustoffmatrix eingebettet ist oder als Salzgebirge an der Mantelfläche eines Baustoffkörpers ansteht. Die Bindemittelfraktion der Baustoffmatrix zeigt dabei sowohl am Zuschlagskorn als auch am kristallinen Salzgebirge ein hervorragendes Eindringvermögen in kleinste Spalten und Risse und füllt diese vollständig aus. **Bild 4** zeigt an einem Dünnschliff diese Rissausfüllung im NaCl-Zuschlag. In der Aufnahme des Dünnschliffs erscheint das NaCl-Korn schwarz, die feinkristalline Baustoffmatrix feinkörnig grau.

schliff diese Rissausfüllung im NaCl-Zuschlag. In der Aufnahme des Dünnschliffs erscheint das NaCl-Korn schwarz, die feinkristalline Baustoffmatrix feinkörnig grau.

- Im Rahmen der durchgeführten Laboruntersuchungen ist es gelungen, die Abbindefähigkeit anhydritbasierter Bergbaumörtel bei Temperaturen über 42° C im salinaren Milieu grundsätzlich nachzuweisen. Die ermittelten Abhängigkeiten und Variationsmöglichkeiten der baustofftechnischen Kenngrößen Druck- und Biegezugfestigkeit von Rezeptur, Anreger, Auswahl und Anteil der hydratisierenden Bindemittelanteile, Art und Anteil der Zuschläge sowie vom eingestellten Wasser-Bindemittel-Wert lassen auf Basis der vorliegenden Versuchsergebnisse die Aussage zu, dass diese Bergbaumörtel für konstruktive Baumaßnahmen in Salzbergwerken geeignet sind.
- Aufgrund des Einsatzes lagerstättentypischer Baustoffbestandteile ist ein Funktionsverlust durch die Alterung oder Dehydratation des eingebrachten Baustoffs nicht zu befürchten. Die nachgewiesene Kompaktions- und Kriechfähigkeit ohne Zerstörung der Baustoffmatrix lässt darüber hinaus die besondere Eignung der Anhydritmörtel für Bauvorhaben unter erwarteter Konvergenz der Grubenbaue erkennen.
- Die oben genannten Eigenschaften von Anhydritmörteln mit Steinsalzzuschlägen – insbesondere die einzustellenden Festigkeitswerte, die einfache Handhabung durch pneumatisches Einbringen sowie die Möglichkeit zur problemlosen Erstellung der geforderten geometrischen Formen – ermöglichen neben anderen konstruktiven Aufgaben auch die Konstruktion von Widerlagern in Dammbauwerken nach dem Mehrkomponentenkonzept. Dass die untersuchten Mörtel über den Einsatz als Baustoff für die Widerlager in Dammbauwerken hinaus auch eine abdichtende Funktion innerhalb eines Dammbauwerkes übernehmen können, wurde durch die Messung der Porosität und Permeabilität sowie durch die Beurteilung des Anbindeverhaltens an das Salzgebirge untersucht und bestätigt. Die untersuchten Anhydritmörtel sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse als technisch dicht zu bezeichnen. Die sich einstellenden Durchlässigkeitsbeiwerte (k-Werte) liegen mit  $10^{-10}$  m/s bis minimal  $10^{-12}$  m/s über den k-Werten des ungestörten Salzgebirges. Die Anbindung an das anstehende Gebirge entspricht den zu erwartenden Anforderungen. Unter Gebirgsdruck und Belastung durch Konvergenz bleibt die für eine Abdichtung geforderte Funktionalität erhalten.

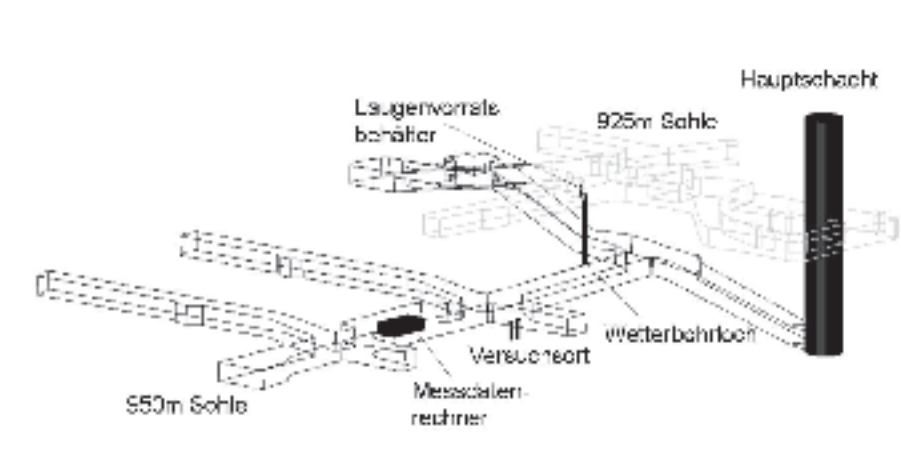
### In-situ-Versuch

Im Zuge der Laboruntersuchungen war es möglich nachzuweisen, dass Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen als Baustoff für den Einsatz im Salzgebirge geeignet ist. Die geringe Durchlässigkeit, das gute Quellvermögen und das nachgewiesene Kriechvermögen in Verbindung mit der einfachen Handhabung machen darüber hinaus Anhydritmörtel für einen Einsatz als Dammbaustoff interessant. Zur Überprüfung dieser Ergebnisse wurde auf dem Forschungsbergwerk Asse der GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH ein Technikumsversuch eingerichtet. Mit diesem Technikumsversuch wurden unter Real-Bedingungen das Abbindevermögen der bereits im Labor untersuchten Anhydritmörtel, der Durchlässigkeitsbeiwert des abgeordneten Baustoffs, die Qualität der Anbindung an das anstehende Salzgebirge und das Verhalten eines Dammbauwerkes bei mechanischer Belastung durch einseitigen Laugenandrang untersucht. Der Technikumsversuch fand in mehreren Teilversuchen von März 2000 bis Dezember 2001 im ehemaligen Dammbauversuchsfeld auf der 950 m-Sohle statt.

Für den In-situ-Test wurde eine Versuchsanordnung gewählt, die es erlaubt, die Eignung des Baustoffs für ein Dammbauwerk in Modellgröße zu ►

testen. Um die Fragestellungen der Qualität der Anbindung an das Salzgebirge sowie das Verhalten des Systems bei Laugenandrang möglichst anwendungsnah bearbeiten zu können, fiel die Entscheidung für einen Bohrlochverschluss als Modell eines Dammbauwerkes.

Der Technikumversuch ist als Doppelversuch in zwei Bohrungen auf der 950 m-Sohle (-752 m NN Sohlenniveau) im Dammbauversuchsfeld eingerichtet worden. Nach Abschluss des Doppelversuches wurde ein einzelner Referenzversuch nachgefahren. **Bild 5** zeigt die Versuchsanordnung des Technikumsversuchs im Dammbauversuchsfeld.



**Bild 5: Versuchsanordnung im Dammbauversuchsfeld**

Aufgrund der bereits mehrjährigen Standzeit des Streckensystems musste von einer erhöhten Permeabilität des anstehenden Salzgebirges innerhalb der Auflockerungszone um die Strecken ausgegangen werden. Um den Bohrlochverschluss möglichst außerhalb dieser Auflockerungszone einbauen zu können, wurden die Bohrlochansatzpunkte in eigens angelegten Bohrkellern positioniert. Mit diesen Bohrkellern sind die Bohrlochansatzpunkte um einen Meter in die Streckensohle abgesenkt worden. Der Bohrkeller und die Länge der Bohrlöcher erlaubten es, den einzubringenden Bohrlochverschluss in einer solchen Entfernung zum offenen Streckenquerschnitt einzubauen, in der durch die Auflockerung des Salzgebirges kein schädigender Einfluss auf den Versuchsablauf zu erwarten ist. Aufgrund der kurzen offenen Standzeiten kann die Auflockerung des Salzgebirges um die Bohrlöcher als vernachlässigbar angesehen werden. Den Aufbau der Versuche zeigt schematisch **Bild 6**.

Nach vollständigem Abbinden des Baustoffs wurde die Druckkammer mit Lauge gefüllt und mit Druck beaufschlagt. Die Bestimmung des Abbindezeitpunktes erfolgte über die induktive Messung der freien Feuchtigkeit im Baustoffkörper durch den an der Stirnfläche angebrachten Feuchtesensor. Für die Versuche kamen künstlich angesetzte ungesättigte NaCl-Lauge, Q-Lauge ( $\text{MgCl}_2$ -gesättigte Lauge) und NaCl-gesättigte Lauge aus dem Lösungszutritt der Asse zum Einsatz. Zur Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte der eingebrachten Bohrlochverschlüsse wurde der Baustoffpfropfen einseitig mit einem Laugendruck von  $3,13 \cdot 10^5$  bis  $3,67 \cdot 10^5$  Pa, abhängig von der Dichte der jeweils eingesetzten Lauge, beaufschlagt.

Die Versuche wurden beim Einstellen eines stationären Durchlässigkeitsbeiwertes  $k$  im Baustoffkörper beendet. Die auf der Stirnfläche des Baustoffkörpers austretende Durchtrittslauge wurde abgeschöpft und analysiert. Nach Beendigung der Versuche und vollständiger Durchtrocknung des Bau-

stoffdammes wurden Bohrkern aus dem Baustoffkörper und dem Anbindebereich Baustoff-Salzgebirge gezogen und auf Veränderungen im Baustoffgefüge und auf die Qualität der Anbindung nach vorheriger Laugenbelastung untersucht.

Die aufgenommenen Messwerte wurden am Institut für Bergbau ausgewertet und ergaben zusammen mit den Kernbohrungen aus Baustoffkörper und Anbindezone ein Bild über die Eignung der untersuchten Baustoffe für einen Einsatz im Salinar.

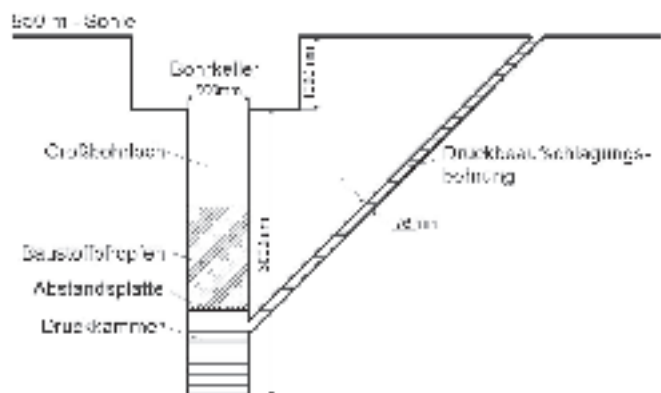
Der Abbindevorgang des eingebrachten Baustoffs lief bei gleicher Temperatur und Luftfeuchte analog zu dem im Labor festgestellten Verlauf ab. Es

konnte bei den Calciumsulfatbaustoffen keine verfrühte oder verzögerte Ansteifung oder ein sonstiger Unterschied zu den Laborergebnissen beim Anmischen und Einbringen des Baustoffs beobachtet werden. Der Nachweis der Abbindefähigkeit des Baustoffs unter In-situ-Bedingungen wurde jedoch erbracht. Eine Aufnahme der Temperatur im Inneren des Baustoffkörpers wurde nicht durchgeführt, um etwaige künstliche Wegsamkeiten entlang der Datenkabel zu vermeiden.

Bei jedem der eingebrachten Baustoffkörper wurden die Biegezug- und -druckfestigkeit für den abgeordneten Anhydritmörtel bestimmt. Für die Beaufschlagung mit gesättigter NaCl-Lauge ergab sich im Labor ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  von  $7,759 \cdot 10^{-11}$  m/s. Im Technikumversuch wurden nur  $4,415 \cdot 10^{-9}$  m/s erreicht. In der Baustoffmatrix verteilt fanden sich mehrfach große Luftporenräume. Zurückzuführen sind die erhöhte Porosität und das

Auftreten von Lunkerstellen vermutlich auf eine ungenügende Verdichtung des Anhydritmörtels beim Einbringen.

Bei allen Versuchen kann die Qualität der Anbindung des Anhydrit-Baustoffs an das gewachsene Salzgebirge, ähnlich wie bei den Laborversuchen, als sehr gut bezeichnet werden. Für die Anbindezone in den vorliegenden Bohrkernen ließ sich keine Trennfuge mit erhöhter Durchlässigkeit erkennen. Nur mit erhöhtem mechanischem Kraftaufwand war der Verbund Baustoff-Salzgebirge zu trennen. Die Analyse der Durchtrittslauge zeigte praktisch keine Veränderung des Salzgehaltes gegenüber der Beaufschlagungslauge.



**Bild 6: Technikumversuch: Schematischer Versuchsaufbau am Bohrlochverschluss**

## Ergebnis

Mit den Ergebnissen des Technikumsversuchs auf dem GSF-Forschungsbergwerk Asse konnte grundlegend die Eignung von Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen als Baustoff für den Einsatz im Salzgebirge nachgewiesen werden. Die positive Einschätzung des Baustoffs als möglicher Damm-Baustoff – wie auf Basis der Laboruntersuchungen zu erwarten – konnte in fast allen Punkten bestätigt werden. Die grundsätzliche Eignung und Abbindefähigkeit von anhydritbasiertem Bergbaumörtel sowie das Erreichen der zuvor definierten und gewünschten Baustoffkennwerte wurden bestätigt. Ebenso zeigte sich die geforderte Beständigkeit des Baustoffkörpers gegen Anlösung beim Andrang unterschiedlicher gesättigter Laugen.

Das Alterungsverhalten des Anhydritmörtels konnte unter den spezifischen Bedingungen im Salzgebirge im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht werden. Im Vergleich mit natürlichen Analoga aus Anhydritvorkommen im Salzgebirge muss davon ausgegangen werden, dass der Baustoff zu Anhydrit dehydratisiert. Allerdings sind hierfür geologische Zeiträume notwendig, die die geforderte Lebensdauer von Bauwerken aus Anhydritbaustoffen um ein Vielfaches überschreiten dürften.

Die untersuchten Anhydritmörtel sind für konstruktive Baumaßnahmen unter Tage ohne Frage geeignet. Einfache Handhabung und eine große Bandbreite an Variationsmöglichkeiten für die gewünschten Baustoffkennwerte ergeben weite Spielräume für mögliche Einsatzgebiete. Im Bereich des Dammbaus unter Tage ist Anhydritmörtel mit Steinsalzzuschlägen aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse sowohl als statisches Widerlager als auch als Dichtelement nutzbar. Für einen Einsatz als Dichtelement in einem Dammbauwerk müssen die hier vorgestellten Anhydritmörtel jedoch weiter untersucht werden. Besonders eine verbesserte Einbringtechnologie, z.B. durch pneumatisches Einbringen, führt sicherlich zu geringeren Durchlässigkeiten. Deshalb wird zur Zeit die notwendige Maschinenteknik und Einbringtechnologie unter Tage getestet und ein entsprechender In-situ-Versuch zur Erstellung eines Dammes im Originalmaßstab projektiert.

*Dr.-Ing. Helmut Mischo  
Institut für Bergbau  
Erzstraße 20  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
Tel.: 05323/72-3108  
Fax: 05323/72-3762*



## Partner der Fahrzeugindustrie

einbaufertig:

- Fahrwerkskomponenten
- Getriebeteile
- Motorenteile

Wir verstehen uns als

Dienstleister unserer Kunden

- vornehmlich im Bereich der Automobilindustrie -

und

wir stärken Ihre Marktposition durch die Lieferung von entwickelten und einbaufertigen Komponenten.

**FRÄGER GmbH**

Über der Bahn 2  
34393 Grebenstein  
Tel: 05674 / 9983-0  
Info@fraeger.de

# Dr. Jürgen Dix trat Professur Computational Intelligence an

**Dr. Jürgen Dix, Reader (Associate Professor) am Institut für Informatik der Universität Manchester in Großbritannien, zugleich Mitglied des Instituts für Informationssysteme der Technischen Universität Wien, Österreich, hat einen Ruf auf einen Lehrstuhl an der Freien Universität Bozen, Italien, abgelehnt, um den Ruf auf die Professur für Computational Intelligence am Institut für Informatik der TU Clausthal anzunehmen. Die Ernennung wurde am 23. Dezember 2003 durch den Vizepräsidenten für Forschung und Hochschulentwicklung Professor Dr.-Ing. Hans Peter Beck ausgesprochen.**

Geboren 1961, studierte Jürgen Dix in Mainz und Heidelberg Mathematik und Physik und promovierte 1992 an der Technischen Universität Karlsruhe in der Informatik. 1996 habilitierte sich Dix an der TU Wien, 1999 war er Gastprofessor an der Universität von Maryland in den USA. Seit 2001 lehrt Dr. Dix Grundlagen der Logik und der Wissensverarbeitung an der Viktoria Universität Manchester, deren Informatik zu den Top 5 im Vereinigten Königreich gehört. Seine Arbeitsgebiete sind logische Programmierung, deduktive Datenbanken, Wissensverarbeitung und Multiagenten-Systeme.

Dr. Dix veröffentlichte über 130 Aufsätze, davon über 50 in renommierten Fachzeitschriften. Er ist ferner Mitautor zweier Monographien (Wissensrepräsentation und heterogene Agentensystemen (MIT Press), wurde zu über 50 Vorträgen im In- und Ausland eingeladen und hat zahlreiche Drittmittelprojekte in den vergangenen Jahren geleitet. Er wird ferner in der Liste der 10000 am meisten zitierten Wissenschaftler geführt und ist in vielen internationalen Gremien tätig.

Der neu eingerichtete Lehrstuhl Computational Intelligence wird Forschung und Lehre in den Gebieten Künstliche Intelligenz und Theoretische Informatik vertreten, insbesondere in der Wissensrepräsentation, der neuronalen Netze und der Agentensysteme. Probleme im Software Engineering mit sehr großer, monolithischer Software haben in den letzten Jahren zu der neuen Disziplin der Agenten-Programmierung geführt. In diesem Bereich versucht man neuartige Techniken, basierend auf autonomen (Software-) Agenten, zu entwickeln, um mächtige Software Systeme in den verschiedensten Gebieten (Informationsmanagement, Electronic Commerce, Air Traffic Control)



**Vizepräsident Professor Beck (li.) mit Professor Dix, Frau Dix.**

zu entwerfen. Insbesondere sollten bestehende Datenbanken in Agentensystemen integriert werden. Wie ein klassischer Agent soll ein Softwareagent die Informationsbedürfnisse seines Auftraggebers erkennen und selbständig aus verschiedenartigsten Informationsquellen das zur Beantwortung der gestellten Fragen geeignete Material herausziehen, logische Schlussfolgerungen ziehen oder dem Nutzer als Vorschlag unterbreiten. Agentensysteme können als eine Fortentwicklung der seit den 80er Jahren vorangetriebenen Echtzeit-Expertensysteme angesehen werden.

Dr. Dix, der als gefragter Hochschullehrer wiederholt Kurse an Universitäten und Sommerschulen in Deutschland, den USA, Österreich, Frankreich, Argentinien, Australien und in Großbritannien abgehalten hat, ist fernerhin Herausgeber von zehn Büchern im Springer-Verlag, Redaktionsmitglied einiger Fachzeitschriften, sowie Organisator zahlreicher wissenschaftlicher Konferenzen und Fachtagungen, im letzten Sommer in Australien und im Januar 2004 in Florida und im Frühjahr 2004 im Informatikzentrum Schloss Dagstuhl in Deutschland. ■



# Akademie der Wissenschaften der USA beruft Clausthaler Wissenschaftler

Prof. Dr.-Ing. Klaus Kühn vom Institut für Bergbau der Technischen Universität Clausthal ist von der Akademie der Wissenschaften der Vereinigten Staaten von Amerika (National Academy of Sciences) in deren Ausschuss zur Behandlung und Endlagerung nuklearer Abfälle (Board on Radioactive Waste Management, BRWM, ) berufen worden. Die Akademie der Wissenschaften hat ihren Sitz in Washington, DC. Der Ausschuss besteht aus 15 Wissenschaftlern, von denen 12 aus den USA und drei aus dem Ausland kommen.

Die Aufgabe des BRWM ist es, sich mit allen Aspekten radioaktiver Abfälle zu befassen, d.h. Erzeugung, Behandlung, Verpackung, Zwischenlagerung, Transport und Endlagerung. Auch die Sicherheit von Abfall-Management-Systemen sowie die Sanierung und Verwahrung radioaktiv kontaminierter Standorte gehören zu seinen Aufgaben. Um diese Aufgaben zu erfüllen, bildet der BRWM ein wissenschaftlich-technisches Diskussionsforum und führt Studien zu nationalen und internationalen Fragen von grundsätzlicher Bedeutung durch. ■

# Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Logistik wieder besetzt

*Privatdozent Dr. Christoph Schwindt, Universität Karlsruhe, Institut für Wirtschaftstheorie und Operations Research, wurde am 3. März durch den Präsidenten der TU Clausthal Prof. Dr. Ernst Schaumann zum Professor für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Logistik am Institut für Wirtschaftswissenschaft ernannt.*

Professor Schwindt, geboren 1968 in Freiburg im Breisgau, studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Hochschule Karlsruhe (1988 – 1993) und promovierte 1997 am Institut für Wirtschaftstheorie und Operations Research der Universität Karlsruhe (TH). Im Jahr 2001 wurde Professor Schwindt mit dem Rudolf-Henn-Preis für Operations-Research ausgezeichnet. Die Lehrbefugnis für das Gebiet der Operations Research erhielt Schwindt mit der im Jahre 2002 erfolgten Habilitation. Im vergangenen Wintersemester übernahm er die Vertretung der C4-Professur für Wirtschaftsinformatik und Operations Research an der Universität Halle-Wittenberg.

Prof. Dr. Schwindt tritt die Nachfolge von Professor Dr. Stefan Helber an, der einen Ruf an die Universität Hannover angenommen hatte.



Bei der Ernennung: (v.l.n.r.) D. Wieczorek, Prof. Dr. M. Erlei, Prof. Dr. E. Schaumann, Prof. Dr. Chr. Schwindt, Dr. E. Nélaton, Prof. Dr. W. Blendinger, Dr. P. Kickartz, Prof. Dr. H. Y. Schenk-Mathes, Prof. Dr. J. Zimmermann.

# PD Dr. Kunz zum außerplanmäßigen Professor ernannt

**Privatdozent Dr.-Ing. habil. Hans Heinrich Kunz, Institut für Chemische Verfahrenstechnik, wurde am 2. Oktober 2003 vom Präsidenten Professor Dr. Ernst Schaumann zum außerplanmäßigen Professor ernannt.**

Professor Kunz studierte an der TU Clausthal in den Jahren von 1976 - 1984 Chemie und wurde im Jahr 1988 mit einer Dissertation am Institut für Chemische Technologie und Brennstofftechnik („Simultane Umsetzung von Synthesegas zu Methanol und höheren Alkoholen: Entwicklung und Test von Katalysatoren mit Hilfe eines neu entwickelten Druck-Mikro-Puls-Reaktors“) promoviert. Professor Kunz war nach seiner



**Präsident Prof. Dr. E. Schaumann, Prof. Dr. H.-H. Kunz, Frau Kunz**

Promotion zunächst als Akademischer Rat am Institut für Technische Chemie der TU Braunschweig in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hoffmann beschäftigt und wechselte 1991 mit Professor Hoffmann an das Institut für Chemische Verfahrenstechnik der TU Clausthal. Dort wurde er im Jahr 1994 zum Akademischen Oberrat befördert, habilitierte sich 1998 und wurde 1999 zum Akademischen Direktor befördert.

Zunächst trieb Professor Kunz die Entwicklung von Ultraschallreaktoren für die Durchführung von Grignard-Reaktionen voran. Dieses Gebiet war damals völlig neu, in der Modellierung des Reaktors leistete er Pionierarbeit. Der Reaktor wird heute kommerziell vertrieben. Ein weiteres Gebiet, welches Dr. Kunz in den Folgejahren bearbeitete, war die Mikroreaktionstechnik. Hierbei werden funktionalisierte Polymere für die festphasenunterstützte Synthese in Lösung eingesetzt. Auf den Polymeren können Reagenzien oder Katalysatoren aufgebracht sein. Die Technik bietet zwei Vorteile: Zum Einen eine einfache Reinigung der Reaktionsprodukte, zum anderen bietet sich die Möglichkeit, Reaktionen in Lösung mit einem Reagenzienüberschuss bis zum vollständigen Umsatz durchzuführen. Mit dem von ihm gemeinsam mit Professor Dr. Andreas Kirschning, Universität Hannover, und Professor Dr. Ing. Ulrich Hoffmann, Institut für Chemische Verfahrenstechnik der TU Clausthal entwickeltem Mikrodurchflussreaktor können Stoffmengen im Millimolmaßstab hergestellt werden; dieser Reaktor ist besonders für pharmazeutische Synthesen geeignet. Schwerpunkt seines heutigen Arbeitsfeldes ist die Entwicklung von Katalysatoren. ■

## Dr. Baake zum Honorarprofessor ernannt

*Dr.-Ing. Egbert Baake, Akademischer Direktor am Institut für Elektrothermische Prozesstechnik der Universität Hannover, wurde am 15. März durch den Vizepräsidenten für Forschung und Hochschulentwicklung Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck zum Honorarprofessor an der TU Clausthal ernannt. Sein Fachgebiet ist die Theorie elektromagnetischer Felder. Zu diesem Thema hält Professor Baake mit guter Beurteilung durch die Studierenden seit 1998 eine Vorlesung an der TU Clausthal.*

Professor Baake, geboren 1960, studierte nach einer Berufsausbildung als Elektromonteur und dem Abitur Elektrotechnik an der Universität Hannover. Am Institut für Elektrothermische Prozesstechnik der Universität Hannover widmete sich Egbert Baake fortan der experimentellen und numerischen Untersuchung elektromagnetischer, thermischer und magnetohydrodynamischer Felder in Induktionsöfen. 1994 erfolgte die Promotion. Seitdem ist er – gefördert durch den Leiter des Instituts, Professor Dr. Mühlbauer – in hoher Eigenständigkeit forschend und lehrend am genannten Institut tätig. Gemeinsam mit Professor Mühlbauer hielt Dr.-Ing. Baake zwischen 1995 – 1999 in englischer Sprache Lehrveranstaltungen an russischen Universitäten. Während dieser Zeit entstand auch das von ihm mitverfasste Buch „Energiebedarf und Kohlendioxidemissionen industrieller Prozesswärme-

verfahren“, das ins Russische übersetzt wurde und heute zum offiziellen Vorlesungsmaterial für alle russische Universitäten zählt.



Herzliche Gratulation: (v.l.n.r.) Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, Prof. Dr.-Ing. Egbert Baake, Frau Heike Baake. ■



# Dr. Keil zum Honorarprofessor ernannt

**Dr.-Ing. Stefan Keil wurde am achten Oktober 2003 vom Vizepräsidenten für Forschung und Hochschulentwicklung Professor Dr.-Ing. Hans-Peter Beck für seine Leistungen in der Lehre mit der Verleihung der Würde eines Honorarprofessors geehrt. Seit 1995 hält Professor Keil Lehrveranstaltungen und Praktika zur experimentellen Beanspruchungsanalyse ab.**

Professor Keil, geboren 1937 in Chemnitz, war lange Jahre ( 1971 - 1996) in leitender Stellung bei der Firma Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) maßgeblich an der Entwicklung moderner Verfahren zur experimentellen Beanspruchungsanalyse beteiligt. Im Gefolge der Umstrukturierung der Firma HBM übernahm er die Projektkoordination des vom Bundesforschungsministeriums (BMBF) getragenen kooperativen Forschungsvorhabens EXTRA II, an welchem die Hochschule Bremen, die TU Dresden, die Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur in Leipzig und die Bauhaus-Universität in Weimar beteiligt waren. Seit dem erfolgreichen Abschluss des Projektes im Jahre 1999 ist Professor Keil als freiberuflicher Ingenieur tätig; er gehört mehreren wissenschaftlichen Fachausschüssen als Mitglied oder Leiter an und ist Herausgeber und Schriftleiter messtechnischer Zeitschriften sowie Autor eines Fachbuchs zur Beanspruchungsermittlung mit Dehnungsmessstreifen.



Bei der Ernennung: (v.l.n.r.) Prof. Dr.-Ing. Norbert Müller, Dr. Peter Kickartz, Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Barth, Prof. Dr.-Ing. Stefan Keil, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck, Prof. Dr.-Ing. Peter Dietz.

# Dr.- Ing. Gust Wonnerth mit Bundesverdienstkreuz ausgezeichnet

*Für sein unermüdliches, engagiertes und erfolgreiches Wirken für das Gemeinwohl, insbesondere seine Hilfe für die Siebenbürger Sachsen, die nach dem Zweiten Weltkrieg in Westdeutschland ihre neue Heimat finden (mussten), wurde Dr.-Ing. Gust Wonnerth, er promovierte 1957/58 an der Bergakademie Clausthal, am zweiten Oktober 2003 mit dem Bundesverdienstkreuz ausgezeichnet; hierzu gratuliert die Universität herzlich. Im Folgenden veröffentlichen wir einen Ausschnitt seiner Erinnerungen an die Zeit der sowjetischen Lagerhaft. Sie sind ein seltenes Zeitdokument.*

## In sowjetischer Kriegsgefangenschaft

In den letzten Kriegstagen geriet Gust Wonnerth als Soldat im Kessel von Budapest bei dem Ausbruchversuch in russische Kriegsgefangenschaft.

„Unser Gefangenentransport ging im Viehwaggon von Budapest quer durch Ungarn, das Banat, Siebenbürgen bis Focsani in der Moldau; von dort weiter auf der russischen Breitspurbahn in das „russische Ruhrgebiet“ das Donezbassin, zur Schachtanlage Nr. 6 in Breanka, Kadiewkaer Rajon. An Stelle der sonst für größere Neuzugänge üblichen 40 Tage Quarantäne, holte der Arbeitseinsatz-Offizier des Lagers Nr. 6, Kapitän Grischenko, der in der Zwischenzeit in der Namens- und Berufsliste unseres Transports den Architekten Bartels und den Bergbauingenieur Wonnerth entdeckt hatte, uns beide schon nach drei Tagen zu einem Gespräch mit dem Direktor der Schachtanlage und dessen technischen Stab. Hier wurden wir beide einer „Prüfung“ unserer beruflichen, technischen Kenntnisse unterzogen, die wir ohne Mühe bestanden. Ein großes Plus stellte bereits bei dieser ersten Begegnung mit russischen Zivilisten meine bescheidenen russischen Sprachkenntnisse dar. Die Russen waren froh zwei echte „Spezialisten“ gefunden zu haben, denn das eigene, technische Führungspersonal der Schachtanlage Nr. 6 in Brean-



Die Bayerische Staatsministerin für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frau, Christa Stewens mit Dr.-Ing. Gust Wonnerth.  
Foto: Firsching, München

## Lebenslauf

26.02.1920	Geboren in Kreisch, Siebenbürgen (Rumänien) als Sohn des evangelischen Pfarrers Gustav Wonnerth und seiner Ehefrau Elise geb. Teutsch
1938	Untertagepraktikum an der Bergakademie Freiberg in Sachsen
1943	Diplomprüfung an der Bergakademie Freiberg in Sachsen  (siehe Bericht)
1951	Entlassungslager Kiew
Sommer 1952	Entlassung nach Österreich
1952	Abteilungsleiter bei der Hibernia Bergbau AG
Winter 1957/58	Promotion an der Bergakademie Clausthal
Anfang 1958	Leitung des Bereiches „Technische Forschung Kohle“ bei der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl in Luxemburg
Mai 1964	Verleihung der „Robert-Schumann Medaille“ in Anerkennung der „treuen Dienste“ für die Gemeinschaft durch den Präsidenten der Hohen Behörde der Montanunion
Sommer 1973	Eintritt in den Ruhestand
ab 1978	Vorsitzender der Landesgruppe Landsmannschaft der Siebenbürger Sachsen in Bayern, bis zur Aufgabe des Vorsitzes 1985 aus gesundheitlichen Gründen
16.07.2003	Verleihung des Bundesverdienstkreuzes durch den Bundespräsidenten Johannes Rau
02.10.2003	Auszeichnung mit dem Bundesverdienstkreuz durch die Bayerischen Staatsministerin für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frau, Christa Stewens

ka stand im Frühjahr 1945 noch unter Waffen, so dass der Aufbau der gesprengten Schachtanlage von Laien nicht zu bewältigen war. So konnten denn auch die staatlichen Produktions- und Finanzpläne nicht erfüllt werden. Diese Nichterfüllung der „heiligen Pläne“ wurde wie üblich, als Sabotage ausgelegt. Damit drohte der ganzen Unternehmensleitung unserer Schachtanlage die Strafversetzung in ein sibirisches Straflager. Unser Kriegsgefangenenlager erhielt als Strafe für unseren Anteil an der „Sabotage“ nur noch 50% der zustehenden knappen Nahrungsmittelration! In unserem Lager führte diese Strafe zu einer lebensgefährlichen Schwächung und Abmagerung sämtlicher 2000 Insassen, mit sehr starker Steigerung der Krankheits- und der Todesziffer und schließlich zu allgemeiner Verzweiflung. In dieser dramatischen Situation entschloss ich mich nach Beratung mit unseren Technikern im Lager zu einem Rettungsversuch. Ich bot unserem Arbeitseinsatzoffizier und dem Direktor der Schachtanlage die Übernahme des Wiederaufbaus der Schachtanlage Nr. 6 in Breanka, Dombass einschließlich Erfüllung der staatlichen Pläne an. Unsere Bedingungen waren: 1. unsere sämtlichen „Deutschen Reviere“ und Arbeitsstätten sollten künftig nur von unseren eigenen technischen Fachleuten geführt werden und 2. unsere Arbeit war streng auf Grundlage, der offiziellen, staatlichen Arbeitsnormen und -Preise von unseren eigenen finanziellen Sachverständigen der Lohnbuchhaltung abzurechnen. 3. nach Abzug der staatlich üblichen 456 Rubel für Unterbringung, Ernährung und Bekleidung pro Monat und Mann war der Restlohn unseren Leuten voll auszuzahlen. 4. Kranken und Verletzten der Arbeit war die staatliche Versicherungsleistung zu gewähren. Nach längeren Verhandlungen wurde schließlich mein Sanierungsplan angenommen. Unsere nun allmählich wieder normaler werdende Ernährungs- lage verbessert sich weiter. Auch die Todesziffer wurde wieder auf ein norma-

les Niveau gesenkt. Für die russische Unternehmensleitung der Schachtanlage und auch für die Leitung unseres Gefangenenslagers bedeutete unser „Sanierungsplan“ eine riskante, völlig neue, nie da gewesene Lösung. Doch unser verständiger Arbeitseinsatzoffizier unterstützte unsere Vorschläge und Pläne, denn die Nichterfüllung der „heiligen“ Finanz- und Produktionspläne drohte sich schließlich auch auf unsere russische Lagerleitung auszuwirken.

Durch diese Aktion wurde einer Vielzahl von Wehrmachtsangehörigen und Verschleppten das Leben gerettet.

1951 wurden wir aus dem Donbass in das Entlassungslager in Kiew verlegt, von wo wir deutschen Kriegsgefangenen und ehemalige rumänische Staatsbürger, in das Lager Ghencea bei Bukarest verlegt wurden. Hier wurde jede postalische Verbindung zu unseren Angehörigen unterbunden, so dass diese nicht mehr wussten ob und wo wir noch am Leben seien. Im Sommer 1952 wurden wir dann, nach schweren Auseinandersetzungen mit der rumänischen Lagerleitung, die bis an das „Internationale Rote Kreuz“ in Genf gingen, nach Österreich entlassen.

Dorthin war meine Frau, nach der berüchtigten Bombardierung von Dresden durch die Amerikaner im Januar 1945, bei der sie ausgebombt worden war, geflohen. Es gelang ihr, die Verbindung zu meiner Schwester und deren Familie in Altmünster Oberösterreich herzustellen, die sie warm und herzlich aufnahm. Von hier aus gingen wir nach einigen Wochen der Erholung ins Ruhrgebiet zu der Hibernia Bergbau AG. Dort wurde mir die Leitung der Abteilung Arbeitsschutz und Unfallverhütung mit 12 Schachtanlagen und einer Belegschaft von 43 000 Bergleuten anvertraut.“ ■

# Dr. Bernd Heins, Experte zur Umwelt- und Energiepolitik zum Honorarprofessor ernannt

*Dr. Bernd Heins, Leiter der Abteilung Umweltökonomie, Umweltrecht und Technikbewertung im Clausthaler Umwelttechnik Institut GmbH, CUTEC GmbH, wurde am 11. März vom Vizepräsidenten für Forschung und Hochschulentwicklung der TU Clausthal, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck zum Honorarprofessor an der Technischen Universität Clausthal ernannt.*

Professor Dr. Bernd Heins ist ein international ausgewiesener Fachmann auf dem Gebiet der Umwelt- und Energiepolitik. So ist Professor Heins beispielsweise seit letztem Jahr Berater der Vereinten in Nairobi für Energiepolitik. Er ist seit dem Jahr 2000 Vorsitzender des Arbeitskreises Technische Systeme, Risiko, Verständigungsprozesse der Störfallkommission beim Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Berlin.

Wiederholt referierte Professor Heins, der Jura und Politologie in Freiburg und Bonn studierte (1978 – 1988), im Auftrag der Bundesregierung vor den Vereinten Nationen in New York die deutsche Sicht zu den Fragen einer ökologisch verträglichen, nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung.

Schon während seines Studiums lernte Professor Heins das politische Terrain aus der Nähe kennen, als Mitarbeiter bei Willy Brandt, im Justizministerium und im Bundesarbeitsministerium. Für die SPD Bundestagsfraktion nahm er die Aufgabe des Koordinators in der Enquete-Kommission „Schutz

des Menschen und der Umwelt“ wahr (1992 – 1994). Lange Jahre war Professor Heins Leiter der Abteilung Umweltschutz beim Hauptvorstand der IG Chemie-Papier-Keramik (1993-2003).

Seine vielfältigen Erfahrungen in der Durchsetzung wissenschaftlicher Einsichten in die politische Umsetzung stellte er ab 1994 in den Dienst der Universitäten Oldenburg (ab 1994) und Clausthal (ab 2000) mit Vorlesungen zur Umwelt- und Energiepolitik.



**Prof. Dr. Bernd Heins**



## Deutsche Erdgas- und Erdölproduzenten unterstützen TU Clausthal

„Die weitere Nutzung der heimischen Energievorräte ist auf High-Tech-Forschung und zukunftsorientierte Nachwuchsausbildung angewiesen,“ sagte am 21. Oktober Dr. Gernot Kalkoffen, Vorsitzender des WEG - Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung, anlässlich der Einführung von Dr. Kurt M. Reinicke als Lehrstuhlvertreter im Bereich Erdöl- und Erdgasgewinnung an der TU Clausthal. Deshalb unterstütze die deutsche E&P-Industrie das Institut für Erdöl- und Erdgastechnik bei der Wiederbesetzung des vakanten Lehrstuhls.

„Mit Kurt M. Reinicke, dem langjährigen technischen Geschäftsführer der BEB, hat die TU Clausthal einen ausgewiesenen Experten erhalten, der die notwendige Verbindung



zur deutschen und internationalen E&P-Industrie herstellt“, erklärte Professor Ernst Schaumann, Präsident der TU Clausthal. Zudem sei durch diese Besetzung die Weiterentwicklung der Lehre hin zu internationalen Abschlüssen sowie die Zusammenarbeit in der Forschung mit anderen Universitäten vorgezeichnet. Prof. Schaumann dankte den deutschen Erdöl- und Erdgasproduzenten, dass sie es durch ihre Unterstützung zu einer Zeit, in der im Hochschulbereich Mittel knapper werden, ermöglicht hätten, den Lehrstuhl nahtlos vertretungsweise wiederzubesetzen. Der WEG-Vorsitzende betonte, es liege im Interesse der E&P-Industrie, wenn der Forschungsbetrieb und die Nachwuchsausbildung ohne Unterbrechung und praxisnah fortgesetzt wird. ■

# Gastprofessur für Prof. Wagner an der Clemson University in South Carolina, USA

Prof. Dr. Ing. Lothar Wagner, Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik der TU Clausthal, nimmt seit Anfang Dezember extern, realisiert in wechselseitigen intensiven Arbeitsbesuchen, eine Gastprofessur an der Clemson Universität in South Carolina, USA, wahr. Zu seinen Aufgaben zählt die Betreuung gemeinsamer Forschungsprojekte auf dem Gebiet der Werkstoffwissenschaften zwischen dem Clausthaler Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik und der School Of Materials Science and Engineering der Clemson University. Für Anfang April 2004 wird sein amerikanischer Partner, der Alexander von Humboldt-Preisträger Prof. Dr. Henry Rack an der TU Clausthal erwartet.

Die gemeinsamen Forschungsarbeiten betreffen schwerpunktmäßig die Wei-

terentwicklung von hochfesten Beta-Titanlegierungen. Hier geht es einmal um die Verbesserung des Dauerschwingverhaltens der Werkstoffe durch gezielte thermomechanische Behandlung (Rundkneten, Rekristallisationsglühung, Aushärten) für den Materialeinsatz als Fahrwerksfeder im Automobilbau. Titanfedern sind hier besonders vorteilhaft aufgrund ihrer geringen Dichte und ihrer Fähigkeit viel elastische Energie zu speichern. Ein anderes Forschungsvorhaben betrifft die Optimierung der mechanischen Oberflächenbehandlung für Humanimplantate (Hüftgelenkendoprothesen). Ziel ist dabei, ein verbessertes Anwachsen des Knochenmaterials an das Implantat und als Folge davon eine höhere Lebensqualität für den Patienten. So soll die Zeit bis zur Explantation von heute durchschnittlich 10 auf 15 Jahre erhöht werden. ■

# Prof. Schmid-Fetzer, Ehrenmitglied amerikanischer Fachvereinigung, ASM International

Professor Dr. Rainer Schmid-Fetzer vom Institut für Metallurgie der TU Clausthal wurde von der amerikanischen Fachgesellschaft auf dem Feld der Materialwissenschaften (ASM International) zum Ehrenmitglied der Gesellschaft gewählt. Die Ehre eines „Fellow“ verlieh die Vereinigung in Würdigung seiner „wichtigen Beiträge zum Verständnis der Konstitution und der Thermodynamik von Werkstoffen, von Grenzflächenreaktionen in Festkörpern und bei dünnen filmartigen elektronischen Materialien sowie von Metallen, Verbundwerkstoffen und Halbleiterkontakten.“

Diese Arbeiten haben beispielsweise zu einer zielgerichteten Entwicklung neuer, kriechbeständiger Magnesiumlegierungen geführt, die wichtig für die Gewichtsreduzierung im Automobilbau sind. Die grundlegenden Arbeiten zum Verständnis der Kontaktreaktionen an Verbindungshalbleitern wie Siliciumcarbid sind für den Einsatz solcher Bauelemente in der Hochtemperaturrelektronik bedeutsam. Die ASM ehrt seit 1969 auf diese Weise herausragende Wissenschaftler aus Hochschule und Industrie mit dem Ziel, so einen Kreis herausragender Fachleute als Berater für die ASM International zu gewinnen. ■

## Gastprofessur in Kairo

Prof. Dr.-Ing. Heinz Palkowski, Lehrstuhl Werkstoffumformung am Institut für Metallurgie, nimmt seit März 2003 eine Gastprofessur an der Ain Shams Universität, Kairo, wahr. Gleichzeitig ist er als Senatsbeauftragter für die Kooperation mit der Universität verantwortlich. In wechselseitigen Arbeitsbesuchen werden einerseits Vorlesungen und Seminare abgehalten, andererseits dienen diese Besuche zur Abwicklung gemeinsamer, bilateraler Forschungsprojekte und der Vorbereitung von Studienaufenthalten ägyptischer Student(inn)en und Wissenschaftler an der TU Clausthal. Der nächste Besuch des ägyptischen Partners, Prof. Dr.-Ing. Mohamed Taha, ist für Februar 2004 vorgesehen, der nächste Vorlesungsblock an der ASU findet im März 2004 statt.

Die gemeinsamen Forschungsarbeiten betreffen die Weiterentwicklung von Al-basierten Metal Matrix Composites (Einlagerungen in einer Metallmatrix), bei denen über gezielte thermomechanische Behandlung die Umformeigenschaften verbessert und bedarfsangepasste mechanische Eigenschaften eingestellt werden sollen. In einem weiteren gemeinsamen Projekt beschäftigt sich Herr Prof. Palkowski zusammen mit Frau Prof. Nahed Mahallawy mit Fragen zur Beschichtung von Magnesiumoberflächen. Ziel ist dabei, unter Berücksichtigung ökonomischer Aspekte neben einer guten Haftung definierte Oberflächeneigenschaften einzustellen. ■

## Ruferteilungen

Mit Erlass vom 27.02.2004 hat das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur Herrn **Dr. Holger Karl**, wissenschaftlicher Assistent an der TU Berlin, den Ruf auf die W3-Professur für „Kommunikation und Verteilte Systeme“ erteilt.

Mit Erlass vom 12.02.2004 hat das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur Herrn **Dr.-Ing. Thomas Turek**, Düsseldorf, den Ruf auf die W3-Professur für „Chemische Verfahrenstechnik“ erteilt.

Mit Erlass vom 06.02.2004 hat das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur Frau **Dr. Barbara Hammer**, Osnabrück, den Ruf auf die W2-Professur für „Theoretische Grundlagen der Informatik“ erteilt. ■



# Professor Otto, Materialwissenschaftliche Kristallographie, verabschiedet

*Professor Dr. Hans-Hermann Otto, der seit 1991 das Fachgebiet der Materialwissenschaftlichen Kristallographie am Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe der TU Clausthal vertrat, wurde am 24. März durch den Präsidenten der TU Clausthal Professor Dr. Ernst Schaumann in den Ruhestand verabschiedet.*

Die Materialwissenschaftliche Kristallographie besitzt eine Schlüsselstellung bei der strukturellen Charakterisierung von High-Tech-Materialien, aber auch bei der Materialentwicklung und wurde, wie über 90 Veröffentlichungen in angesehenen Fachzeitschriften bezeugen, von Professor Otto in hervorragender Weise an der TU Clausthal vertreten. So wurden in seiner Arbeitsgruppe neue anorganische Materialien mit Anwendungsbezug synthetisiert und hinsichtlich ihrer Kristallstruktur und physikalischen Eigenschaften charakterisiert. Daneben wurden aber auch neue analytische Methoden und Apparate entwickelt und konnten, dank einer exzellenten Mechanikwerkstatt, im Eigenbau gefertigt werden; die Doppelradius-Guinierkamera mit Imaging-Plate-Detektor erreicht eine Auflösung im Beugungswinkel, die nur von Synchrotronstrahlungsexperimenten übertroffen wird.

Professor Otto, geboren 1938 in Halle an der Saale, studierte, promovierte und habilitierte sich an der TU Berlin im Fach der Mineralogie (1966 – 1983). Weitere Stationen führten ihn ans Forschungsinstitut der Didier-Werke in Wiesbaden (1970 – 1973) und an die Universität Regensburg (1973 – 1979). Professor Otto ist weiterhin wissenschaftlich aktiv, 12 Veröffentlichungen befinden sich zur Zeit in Vorbereitung.



**Abschied nach 13 erfolgreichen Jahren, Prof. Dr. Otto mit seiner Frau und dem Präsidenten Professor Dr. Ernst Schaumann.**

**31. Oktober 2003**

# Mitgliederversammlung des Vereins von Freunden der TU Clausthal

Vor Eintritt in die Tagesordnung begrüßte der Vorsitzende den Präsidenten der TU Clausthal Professor Dr. Schaumann. Ein besonderer Gruß galt allen Mitgliedern sowie den Gästen, die an der Mitgliederversammlung teilnahmen. Der Vorsitzende gedachte der seit der letzten Mitgliederversammlung verstorbenen Mitglieder des Vereins von Freunden:

*Dipl.-Berging, Karl-Heinz Zepter, Hannover*  
(ehemaliges Vorstandsmitglied)

*Prof. Dr. Heinz Bottke, Goslar*

*Dipl.-Ing. Heinz-Hermann Ferber, Duisburg*

*Sportdir. i. R. Fritz Finkenauer, Clausthal-Zellerfeld*

*Dr.-Ing. Wilhelm Grönemeyer, Bochum*

*Dipl.-Ing. Friedrich-Wilhelm Juchhoff, Duisburg*

*Dipl.-Ing. Hans-Albrecht Kirsten, Moers*

*Prof. Werner Köhler, Peine*

*Prof. Dr. Heinz Kropf, Hamburg*

*Dipl.-Ing. Franz Pelle, Celle*

*Bibliotheksdir. i. R. Hans-Oskar Weber, Göttingen*

*Prof. Dr. Bernhard Zimmermann, Clausthal-Zellerfeld*

## Bericht des Vorsitzenden

Die Mitgliederbewegung seit der letzten Mitgliederversammlung am 1. November 2002 stellt sich wie folgt dar:

<b>Firmen-Mitglieder</b>	
Stand am 01.11.2002	59
<i>eingetreten:</i>	
(ThyssenKrupp AG, Düsseldorf;	
Georgsmarienhütte Holding GmbH, Hamburg)	2
<i>gekündigt:</i>	
(Dönicke Pumpen, Baunatal; VEBA OIL & GAS GmbH, Essen;	
B.U.S. Berzelius Umwelt-Service, Duisburg)	3
<b>Stand am 31.10.2003:</b>	<b>58</b>

<b>Persönliche Mitglieder</b>	
Stand am 01.11.2002	1.331
<i>eingetreten:</i>	31
<i>gekündigt:</i>	38
<i>verstorben:</i>	12
<i>gestrichen aus der Mitgliederliste:</i>	1
<b>Stand am 31.10.2003:</b>	<b>1.311</b>

Trotz aller Bemühungen sind die Mitgliederzahlen weiter rückläufig. Aus diesem Grund sind weitere Werbemaßnahmen erforderlich, um neue Mitglieder zu gewinnen. Der Verein von Freunden muss seinen Auftritt in der Öffentlichkeit intensivieren.

## Bericht des Schatzmeisters

Der Schatzmeister, Herr Dr. Pfeiffer, berichtete über die Jahresabrechnung 2002 und erläuterte den Haushaltsvoranschlag für das Rechnungsjahr 2004. Anhand der Mittelbestands- und Mittelverwendungsübersicht 1999 bis 30.09.2003 beschrieb Herr Dr. Pfeiffer die zur Zeit günstige Kassenlage.

Allerdings ist im Bereich der zweckgebundenen Mittel ein Rückgang zu verzeichnen, da die Industrie verstärkt Sparmaßnahmen durchführt.

Die Freistellungsbescheide des Finanzamtes Goslar zur Körperschaftsteuer und Gewerbesteuer für 2001 und 2002 für alle gemeinnützigen Institutionen (Verein von Freunden und Stiftungen) liegen vor.

Der Rechnungsprüfer, Herr Dr. Tosch, gab einen Bericht über die Prüfung der Jahresabrechnung 2002. Die Mitgliederversammlung beschloss einstimmig, die Jahresabrechnung für das Geschäftsjahr 2002 anzunehmen. Der Bericht der Rechnungsprüfer, die Aufstellung des Vermögens des Vereins per 31.12.2002 sowie die Abrechnung für das Geschäftsjahr 2002 liegen als Niederschrift vor. Im Anschluss informierte der Schatzmeister über die geplante Werbeaktion des Vereins von Freunden. In Instituten und öffentlichen Gebäuden der TU soll eine Plakataktion durchgeführt werden, die über Ziele und Aufgaben des Vereins informiert. Für dieses Vorhaben werden 5.000 € angesetzt.

## Entlastung des Vorstands und Wahl der Rechnungsprüfer

Herr Dr. Tosch stellte den Antrag, dem Schatzmeister und den übrigen Mitgliedern des Vorstandes des Vereins von Freunden für das Geschäftsjahr 2002 Entlastung zu erteilen. Der Antrag wurde von der Mitgliederversammlung einstimmig angenommen.

Der Vorsitzende teilte mit, dass sich die Herren Dipl.-Ing. Gravenhorst und Dr. jur. Tosch bereit erklärt haben, auch weiterhin als Rechnungsprüfer zur Verfügung zu stehen. Er stellte deshalb den Antrag, die beiden Herren für das nächste Geschäftsjahr als Rechnungsprüfer zu wählen. Der Antrag wurde von der Mitgliederversammlung einstimmig angenommen.

## Wahlen zum Vorstand

Herr Dr. Tillmann gab bekannt, dass er sein Vorstandsmandat zum 01.11.2003 niederlegt. Der Vorsitzende dankte Herrn Dr. Tillmann für seine fast zwanzig Jahre währende engagierte Tätigkeit im Vorstand des Vereins von Freunden. Der Vorsitzende stellte den Antrag, die Herren

*Prof. Dr. Manfred Hennecke,*

Präsident der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin;

*Dr.-Ing. Jürgen Großmann,*

Gesellschafter u. Geschäftsführer der Georgsmarienhütte Holding GmbH, Hamburg;

*Bergass. Dr.-Ing. Eike von der Linden,*

Linden Advisory & Consulting Services, Dreieich;

*Dipl.-Ing. Lothar Lohff,*

Präsident des Landesbergamtes Clausthal-Zellerfeld

in den Vorstand des Vereins von Freunden aufzunehmen.

Der Antrag wurde von der Mitgliederversammlung per Akklamation angenommen.

\*

Der Vorsitzende gab bekannt, dass die nächste Mitgliederversammlung verbunden mit der akademischen Feier der TU am 29.10.2004 statt finden soll. Mit Dank an die Anwesenden schloss der Vorsitzende die Mitgliederversammlung.

Der ebenfalls vor der Versammlung abgegebene **Bericht des Präsidenten** findet sich in seinen wesentlichen Punkten im Anschluss. ■

*Oktober 2003*

# Bericht des Präsidenten

## Lage der TU Clausthal

Die TU Clausthal hat auch im Berichtszeitraum ihre zentrale Aufgabe darin gesehen, die Lehr- und Forschungskompetenz in ihren mathematisch-naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen weiter auszubauen.

Einen Schwerpunkt bildete die Konsolidierung der Informatik, deren Forschungsstärke in einem Gutachten der „Wissenschaftlichen Kommission Niedersachsen“ relativ kritisch gesehen worden war. Hier war zunächst die Vorstellung, über eine Kooperation mit der Universität Göttingen eine Stärkung der Informatikbereiche an beiden Universitäten zu erreichen. Die Entwicklung eines gemeinsamen Konzeptes mit der Nachbaruniversität erwies sich jedoch als schwierig; besonders durch den Einsatz von Herrn Vizepräsidenten Prof. Hanschke konnte die Wissenschaftliche Kommission dann überzeugt werden, eine eigenständige Clausthaler Informatik zu akzeptieren. Damit konnte der Neuaufbau des Bereiches Informatik in Clausthal jetzt angepackt werden.

Schon kurz nach dem Dienstantritt der neuen Landesregierung im März 2003 wurden die Hochschulen im Lande mit der Notwendigkeit konfrontiert, entsprechend einer Forderung in den Koalitionsvereinbarungen gemeinsam mit dem Ministerium für Wissenschaft und Kultur eine „formelgebundene Mittelverteilung“ zur leistungsgerechten Verteilung der Finanzmittel auf die einzelnen Hochschulen zu entwickeln. Eine gemeinsame Arbeitsgruppe von Ministerium und der Landeshochschulkonferenz, an der in der Schlussphase auch die TU Clausthal beteiligt war, hat dazu ein Modell ausgearbeitet. Im Resultat wurden relative Schwächen der TU Clausthal bei den Parametern Drittmittelstärke der Naturwissenschaften, Unterauslastung von natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen sowie Studiendauer deutlich. Zwischenzeitlich wurde erkannt, dass die Formel nicht gleichzeitig mit Sparauflagen implementiert werden kann. Sie ist daher zunächst bis 2006 ausgesetzt worden. Dies bedeutet, dass die TU Clausthal zwischenzeitlich die deutlich gewordenen Schwächen ausgleichen muss, um das Abfließen von Finanzmitteln an gemäß den betriebswirtschaftlichen Parametern effizienter arbeitende Universitäten zu vermeiden.

Seit dem Frühsommer ist die Beteiligung der Hochschulen des Landes an der Konsolidierung des Landeshaushaltes das beherrschende Thema auch an der TU Clausthal und in der Öffentlichkeit der Bergstadt.

Lange Zeit war unklar, in welchem Maße die TU Clausthal einen Beitrag zu den obigen Summen leisten muss. Mitte September wurde dann deutlich, dass nur strukturell gespart werden soll. Dabei ist anzumerken, dass die Schließung eines Studienganges erst mit der Verzögerung von einigen Jahren Stellen in größerem Umfang freisetzt. Zwischenzeitlich müssen die abgeflossenen Mittel durch Stellensperren in anderen Bereichen und im Sachmittelbereich aufgebracht werden.

Die TU Clausthal muss sich an dem Sparbeitrag für 2004 überproportional beteiligen. Dies wird durch das Ministerium durch die Unterauslastung vieler Bereiche, durch die punktuell geäußerte Kritik der Wissenschaftlichen Kommission und durch das Überangebot ingenieurwissenschaftlicher und naturwissenschaftlicher Studienplätze in Niedersachsen begründet. Konkret wird mit dem Kabinettsbeschluss vom 21. Oktober 2003 ein Abgabesoll von

3,6 Mio. € oder 80 Stellenäquivalenten für 2004 festgelegt. Dies entspricht 11,6 % unserer Landesstellen.

Beim Besuch des Niedersächsischen Ministers für Wissenschaft und Kultur Lutz Stratmann am 24. Oktober 2003 war durch Präsidium, Kuratorium und Verein von Freunden Gelegenheit, dem Minister sowie dem begleitenden Staatssekretär Dr. Lange die gravierenden Folgen eines so tief greifenden Einschnitts zu schildern. Im Ergebnis ist zumindest für 2005 und die Folgejahre Hoffnung, dass die besondere Situation und auch die besondere Bedeutung der TU Clausthal zu einer leistungsgerechteren Behandlung der TU führen wird.

## Umsetzung des neuen Niedersächsischen Hochschulgesetzes

Mit dem 1. Oktober 2002 ist ein gegenüber dem Vorgänger wesentlich regulationsärmeres Gesetz in Kraft getreten, das dem Präsidium besondere Vollmachten zur Lenkung der Hochschule gibt. Seit dem 15. Oktober 2002 ist der bisherige Rektor durch den Senat interimistisch mit der Wahrnehmung der Aufgaben eines Präsidenten beauftragt. Im Präsidium sind außerdem tätig

- Vizepräsident Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Beck (Forschung und Hochschulentwicklung)
- Vizepräsident Prof. Dr. Thomas Hanschke (Studium und Lehre)
- Vizepräsident Dr. Peter Kickartz (Rechtsangelegenheiten und Verwaltung)

Im Januar 2003 wurden ein neuer Senat sowie neue Fachbereichsräte gewählt. Auf der konstituierenden Sitzung am 28. Januar 2003 hat der Senat eine Ordnung über die Ernennung oder Bestellung der Mitglieder des Präsidiums verabschiedet. Auf dieser Grundlage wurde dann auch ein Ausschreibungstext für die Besetzung der Stelle des Präsidenten beschlossen und es wurden die Mitglieder der Findungskommission bestellt. Es sind

- Prof. Dr. Gerhard Kreysa, Dechema, Vorsitzender des Kuratoriums der TU Clausthal,
- Dr. Gerald Lange, Leiter des Rechenzentrums der TU Clausthal,
- Präsident Prof. Dr. Ernst Schaumann,
- Prof. Dr. Manfred Timmermann, Mitglied des Kuratoriums.

Außerdem gehören der Findungskommission beratend die Gleichstellungsbeauftragte Frau Dr.-Ing. Schram und als Vertreter des Ministeriums unser Referent Herr MR Werner an.

Auf die Ausschreibung gingen fristgerecht 21 Bewerbungen ein. Das Auswahlverfahren dauert an.

## Hochschulranking

Bei dem im Juli 2003 vorgelegten Ranking der Deutschen Forschungsgemeinschaft nimmt die TU Clausthal bei dem Ordnungsprinzip „DFG-Mittel pro Professor“ bundesweit den 14. Rang ein. Dies bedeutet gegenüber ►

dem vorhergehenden Ranking aus dem Jahr 2001 ein Absinken um 8 Positionen. So wird deutlich, dass die Nicht-Wiederbesetzung von Professorenstellen durch kreative Nachwuchskräfte wegen Streichung dieser Stellen entsprechend den Sparauflagen des Landes die Drittmittelforschung der TU Clausthal nachhaltig schädigt. Wenn in das Ranking auch Industriemittel einbezogen werden, so erreicht die TU Clausthal bundesweit den 6. Rang und wird in Niedersachsen nur noch von der MHH übertroffen.

Herausragende Plätze im Urteil der Studenten über die Serviceleistungen in Lehre und Betreuung durch die Hochschule bestätigen der Technischen Universität Clausthal beide zu Jahresbeginn 2003 erschienenen „Absolventenbarometer 2002“ des Berliner Instituts für Personalmarketing „trendence“. In der Deutschen Engineering-Edition, in der 6487 Antworten von Studenten der Fächer Elektronik, Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen aus 38 Hochschulen ausgewertet sind, konnte Clausthal in sieben von zehn Kategorien Spitzenplätze belegen.

Den ersten Rang erzielten sie auf folgenden Gebieten: Qualität und Verfügbarkeit der EDV-Infrastruktur, Qualität der Beratung, Kooperation der Hochschule mit der Wirtschaft und für den Service der Hochschule (Studentensekretariat, Prüfungs- und Immatrikulationsamt). Der zweite Platz gelang bei „Umfang und Qualität der studentischen Aktivitäten“ sowie der Betreuung durch die Professoren und Dozenten. Auf einem guten dritten Platz liegt die TU bei der Qualität der Professoren und Dozenten in der Lehrstoffvermittlung.

Aber auch zur Internationalität der Ausbildung (z. B. Austauschprogramme, Vorlesungen auf Englisch), Qualität und Aktivität der Bibliothek sowie dem Praxisbezug der Ausbildung erteilen die Studenten ihrer Universität Noten, die über dem Durchschnitt liegen.

Im April 2003 wurde das besonders breit fundierte Hochschulranking der Illustrierten „Stern“ und des Zentrums für Hochschulentwicklung (CHE, Gütersloh) publiziert. In der Gesamtbewertung der besten Universitäten taucht die TU Clausthal beim Maschinenbau als hervorragend auf und ist damit neben der Psychologie der TU Braunschweig die einzige Nennung aus Niedersachsen.

## Studium und Lehre

### Studentenzahlen

Aktuell können wir einen erfreulichen Anstieg gegenüber dem Vorjahr verzeichnen, der überwiegend von der weiter gestiegenen Nachfrage ausländischer Studierender getragen wird. Dies war bereits im Sommersemester 2003 signifikant der Fall. Wegen der Neustrukturierung der Informatik sind die Einschreibungen in die Studiengänge Informatik und Wirtschaftsinformatik zurückgegangen. Nach erfolgreichen Neubesetzungen der Lehrstühle rechnen wir mit deutlicher Erholung.

Durch die Einführung der Studiengebühren für Langzeitstudierende befürchtete die Hochschule einen massiven Rückgang in den Studentenzahlen. Im Sommersemester 2003 und im Wintersemester 2003/2004 wurden insgesamt 1 010 Studierende gebührenpflichtig. Rund die Hälfte (504) dieser Studierenden hat die Gebühr bezahlt, weitere 162 Studierende konnten durch Beurlaubung von dieser Regel befreit werden. Für lediglich 15 Studierende trafen die Ausnahmebestimmungen des § 14 NHG zu, durch die diesen Studenten die Zahlung der Gebühren erlassen werden konnten. Glücklicherweise gibt es bisher keine Rechtsstreitigkeiten, was sicherlich auch auf die intensive Beratung der Betroffenen durch Mitarbeiter des Immatrikulationsamtes zurückzuführen ist.

### Studiengänge

Die Vorbereitung zu Gesprächen über die Zielvereinbarungen 2004 mit dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur haben zu Vorstellungen über die Fortentwicklung von Studiengängen in verschiedenen Bereichen geführt.

- Die Internationalisierung der vorhandenen Ergänzungsstudiengänge als Masterstudiengänge. Dazu beabsichtigt die Hochschule, mittelfristig die folgenden Ergänzungsstudiengänge baldmöglichst als akkreditierte Master of Science-Studiengänge anzubieten, um neben den Fachhochschulabsolventen auch ausländische Studierende mit Bachelor-Grad anzuziehen:
  - Glas – Keramik – Bindemittel
  - Umweltschutztechnik (einschließlich Recycling)
  - Maschinenbau
  - Chemieingenieurwesen / Verfahrenstechnik
  - Energiesystemtechnik
- Die bisher getrennt geführten Studiengänge Glas – Keramik – Bindemittel, Metallurgie, Werkstoffwissenschaften und Kunststofftechnik sollen in einem gemeinsamen Studiengang „Materialwissenschaften und -technik“ zusammengeführt werden. Mittlerweile wird darüber hinausgehend geplant, diese Studiengänge in einem Bachelor/Master-Studiengang „Material Technology“ als internationalen Studiengang zusammenzuführen.
- Die Hochschule plant weiterhin mit der Universität Lüneburg einen internationalen Studiengang „Energy Management“ mit einem Bachelor und einem Masterteil.
- Die darüber hinaus vorgesehene Neustrukturierung des Bereichs Bergbau, Geotechnik, Erdöl- und Erdgastechnik wird sich auf Grund der Sparmaßnahmen nicht im vorgesehenen Umfang umsetzen lassen. Wünschenswert erscheint eine Neuordnung als „Energie- und Rohstoffversorgungstechnik“.

Als Folge der Haushaltskürzungen ab 2004 ist zu befürchten, dass die Hochschule nicht mehr in der Lage sein wird, die angestammten Studiengänge „Geophysik“ und „Geologie und Paläontologie“ weiterzuführen.

### Förderpreise

Auch in diesem Jahr wurden wieder eine Reihe von Förderpreisen an Absolventen der TU Clausthal vergeben:

#### beim Verein von Freunden:

- Herrn *Dr.-Ing. Bernd Bitterlich* für seine Dissertation mit dem Titel: „Laminieren von Siliziumnitrid-Grünfolien mit Hilfe präkeramischer Polymere“,
- Frau *Dipl.-Inf. Silke Schomann* für ihre Diplomarbeit mit dem Thema „Evolutionäre Algorithmen als Scheduling Strategie im erweiterten LogGP-Modell“ und
- Herrn *Dipl.-Math. Kai Florian Rilke* für seine Diplomarbeit mit dem Thema „Funktionsanalytische Eigenschaften von Transferoperatoren für Spinke-Hensysteme“

#### durch die Eberhard-Schürmann-Stiftung:

- an Frau *Dr.-Ing. Sophie Marie Schnurre* für ihre Dissertation mit dem Titel „Thermodynamics, Phase Stability and Interface Reactions in the Silicon Oxygen System“ und
- an Herrn *Dr.-Ing. Thorsten Buhles* für seine Dissertation mit dem Titel „Modellierung und Simulation der Entschwefelung von Stahlschmelzen“

#### für die Rudolf-Vogel-Stiftung:

- Herrn *Dr. Raphael Cabral* für seiner Dissertation mit dem Titel „Über ►



das Vorkommen von palladiumhaltigem Gold (Ouro Preto) in Brasilien: Gongo Soco, Itabira und Serra Pelada“.

- Herrn *Dr.-Ing. Helmut Mischo* für seine Dissertation mit dem Titel „Untersuchung an Baustoffen auf Steinsalz-Anhydrit-Basis für Damm-bauwerke im Salzgebirge“

#### durch die Wofgang-Helms-Stiftung

- Herrn *Dipl.-Ing. Christian Mues* für seine Diplomarbeit „Vergleichende Darstellung der Abbaufverfahren und der Abbautechnik für die Gewinnung mächtiger Steinkohlenflöze im Tiefbau und zukünftige Anforderungen, dargestellt am Beispiel von Bergwerken in Slowenien und China.“

#### Heinz-P.-Kemper-Preis

- Herrn *Dipl.-Ing. Michael Küster* für seine Diplomarbeit „Gesamtvergleich zwischen den Systemen ‚Vortisep‘ und ‚Twister‘ – Alternativen zu konventionellen Joule-Thomson-Anlagen?“

Auch in diesem Jahr wurde ein ausländischer Studierender vom DAAD mit einem Förderpreis in Anerkennung seiner herausragenden Studienleistungen an der TU Clausthal ausgewählt. Es handelt sich in diesem Jahr um Frau *Dipl.-Ing. Renata Višcorová*. Der Titel ihrer Diplomarbeit lautet: „Mechanische Eigenschaften der hoch-manganhaltigen PRIP-Stähle“.

## Forschung

Die TU Clausthal versteht sich auch weiterhin in besonderer Weise als Forschungsuniversität. Diese Einschätzung wird immer wieder durch die Evaluationen der Wissenschaftlichen Kommission Niedersachsens (WKN) gestützt. Dies illustrieren die folgenden Auszüge:

- Maschinenbau (Dezember 2001): „Der Maschinenbau in Clausthal leistet insgesamt erfolgreiche Arbeit und hat sich zu einer der tragenden Fachrichtungen der TU entwickelt. Die Forschungen in den Bereichen Maschinenwesen, aber auch Betriebsfestigkeit, Füge-technik und Verfahrenstechnik werden hoch anerkannt.“
- Physik (Oktober 2002): „Die Institute der Physik [ . . . ] haben in den vergangenen Jahren mit gelungenen Neuberufungen von vier der sechs Professuren eine erfolgreiche Umstrukturierung erreicht und sich ein neues Profil in der anwendungsnahen physikalischen Forschung gegeben. Bei der geringen personellen Stärke der Physik in Clausthal hat sich eine kleine, aber doch leistungsfähige und gut abgestimmte Gruppe von Professoren zusammengefunden, die vielversprechende Forschungsarbeiten erwarten lassen.“
- Umweltschutztechnik (April 2003): „An der TU Clausthal ist die Umweltforschung ein inhärenter Bestandteil der ingenieurwissenschaftlichen Forschung [ . . . ] Gerade dieser spezifische Beitrag kann den notwendigen Mehrwert erbringen und ergänzt darüber hinaus in idealer Weise das niedersächsische Gesamtprofil in den Umweltwissenschaften. [ . . . ] Hervorzuheben ist, dass der Anwendungsbezug vielfach herausragenderweise vorhanden ist und die Umsetzung der Forschungsergebnisse im Rahmen von gut ausgebauten Industriekooperationen gelingt.“
- Mathematik (Juli 2003): „Das Institut hat unter den gegebenen schwierigen Bedingungen anerkanntswerte, in der Analysis und Zahlentheorie zum Teil beachtliche Leistungen erbracht. Es ist besonders erfreulich, dass es dem Fachbereich immer wieder gelingt, aufstrebende Wissenschaftler zu berufen und sehr gute Nachwuchswissenschaftler anzuziehen, [ . . . ] Der Durchfluss von jungen Wissenschaftlern positioniert den Fachbereich auch in der internationalen Wissenscommunity.“

Die Besetzung der vom Senat im Sommersemester 2001 beschlossenen Juniorprofessuren ist nahezu abgeschlossen.

## Dissertationen und Habilitationen

Promotionen und Habilitationsarbeiten sind besonderer Ausdruck der Forschungsaktivitäten einer Hochschule. Nachdem die Sparauflagen des Landes Mitte der neunziger Jahre zu einer Reduzierung der Stellen für den wissenschaftlichen Nachwuchs und damit auch der Zahl der Promotionen geführt hatte, hat sich die Zahl der Dissertationen jetzt auf hohem Niveau stabilisiert (mehr als 70 pro Studienjahr).

Im Bereich der Habilitationen sind erfreulicherweise neun erfolgreich beantragte Verfahren im Berichtszeitraum aus den beiden Fakultäten zu vermelden.

## Neue Forschungsschwerpunkte

### Energiepark Clausthal

In Zukunft wird bei der Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie zunehmend auf regenerative Quellen zurückgegriffen werden. Neben einer notwendigen Effizienzsteigerung bei den „verbrauchenden“ Prozessen ist insbesondere die Kombination unterschiedlicher Energieformen zur Substitution der herkömmlichen Energieversorgungsstruktur notwendig. Im Projekt „Energiepark Clausthal“ wird die Problematik der Versorgung eines Gebäudekomplexes (CUTEC-Institut GmbH) aus regenerativen Quellen (Windkraft, Wasserkraft, Fotovoltaik, Solarthermie, biogene Kraft- und Brennstoffe) demonstriert. Dabei steht die dynamische Anpassung von Erzeugungs- und Bedarfsleistung im Vordergrund.

An dem Projekt sind neben den CUTEC-Abteilungen das Institut für Energietechnik und Brennstofftechnik sowie das Institut für Elektrische Energietechnik und auch zwei Versorgungsunternehmen (Avacon, Stadtwerke Clausthal) beteiligt. Das unmittelbare Umsetzen theoretischer Überlegungen und konzeptioneller Planungen stellt für alle Beteiligten eine besondere Herausforderung dar.

### Simulationswissenschaftliches Zentrum

Der neue Forschungsschwerpunkt „Simulation, Optimierung und Modellierung“ hat bereits mehr als zwanzig Clausthaler Professoren zusammengeführt, die interdisziplinär ihre Forschungsarbeiten um das neue Gebiet konzentrieren, koordinieren oder zusammenführen.

### Brennstoffzellen

Die Landesregierung von Niedersachsen hat zur Behandlung dieses zukunftsorientierten Themas der Material- und Energietechnik vor zwei Jahren einen interministeriellen Arbeitskreis ins Leben gerufen, in dem auch Wissenschaftler der TU Clausthal beteiligt sind.

Im Rahmen einer von diesem Arbeitskreis in Auftrag gegebenen internen Studie zur „Landesstrategie Brennstoffzelle“, die Mitte 2003 erschienen ist, wird festgestellt, dass zur Deplacement der Empfehlungen ein Entwicklungsverbund zu gründen sei, der Fachleute der einschlägigen niedersächsischen Industrie und Wissenschaftler der Universitäten mit dem Ziel zusammenführt, in entsprechenden Projekten das Technologiewissen auf dem Gebiet der Hoch- (SOFC) und Niedertemperatur zu bündeln und auszubauen.

Die TU Clausthal wird sich als die Hochschule, die in der Studie als die mit dem meisten wissenschaftlichen Know-how in Niedersachsen identifiziert wurde, auf diesem Gebiet mit einer eigenen Lösung verstärkt engagieren. ■

## HABILITATIONEN

*Sourkounis, Constantis, Prof. Dr.-Ing.:*

Drehzahlelastische Antriebssysteme unter stochastischen Belastungen.

Fachgebiet: Energiesystemtechnik

## PROMOTIONEN

### Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

*Rugen, Markus, Dipl.-Chem.:*

7-Azabicyclo[2.2.1]heptane und 2,8-Dioxabicyclo[3.3.0]octane – Experimentelle und theoretische Untersuchungen.

(Prof. Dr. D. Kaufmann)

*Frank, Michael, Dipl.-Inf.:*

Geschlossene Warteschlangennetze und Kanban-Systeme.

(Prof. Dr. Th. Hanschke)

*Bracio, Boris Romanus, Dipl.-Ing.:*

Hybride Modellierung und Simulation der menschlichen Atmung zur Diagnose von auf Sauerstoffunterversorgung basierenden Krankheitsbildern.

(Prof. Dr. K. Ecker)

*Goubaidouline, Ilchat, Dipl.-Ing.:*

Untersuchung von Grenzflächen-Reaktionen in Magnesium/Polymer-Verbundsystemen mittels Schwingquarz-Mikrowaage und Infrarot-Spektroskopie.

(Prof. Dr. J. Fuhrmann)

*Han, Wei, M. Sc.:*

Application of LEEM and MIEEM in Catalysis and Sensor Technology.

(Prof. Dr. W. Daum)

*Wolfram, Hartmut, Dipl.-Chem.:*

Zur Kristallchemie und Kristallphysik niedrigdimensionaler Silicate, Germanate und Arsenate des Kupfers.

(Prof. Dr. H.-H. Otto)

*Thalmann, Thorsten, Dipl.-Chem.:*

Molekulare Anisotropie und Spannungs-Dehnungs-Verhalten des Poly(ethylenterephthalat)s.

(Prof. Dr. J. Fuhrmann)

*Schläfer, Ottmar, Dipl.-Biol.:*

Entwicklung einer Gasmesszelle als empfindlicher Drucksensor für Untersuchungen zur Vergärung von Biomasse.

(Prof. Dr. G. Schwedt)

### Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen

*Ahmadi-Dahaj, Arash, Dipl.-Ing.:*

Lebensdauerabschätzung schwingend beanspruchter metallischer Werkstoffe mittels Simulation des Mikrorisswachstums.

(Prof. Dr. H. Zenner)

*Follner, Stefan, Dipl.-Ing.:* Nachstellung von historischem Gips und bindemitteltechnische Charakterisierung.

(Prof. Dr. A. Wolter)

*Richerzhagen, Martina, Dipl.-Ing.:*

Entwicklung eines Ansatzes zur systemtheoretischen Analyse und Synthesefahrdynamischer Systeme bis an den Grenzbereich.

(Prof. Dr. U. Konigorski)

*Bergmann, Oliver, Dipl.-Ing.:* Experimentelle Untersuchungen von Direkten Methanol-Brennstoffzellen unter allgemeinen sowie berg- und tunnelbaulichen Aspekten.  
(Prof. Dr. O. Langefeld)

*Mudersbach, Dirk, Dipl.-Ing.:* Verbesserung der Eigenschaften von Elektroofenschlacken aus der Herstellung von nichtrostenden Stählen zur Nutzung dieser Schlacken im Verkehrsbau.  
(Prof. Dr. K. Koch)

*Wondraczek, Lothar, Dipl.-Ing.:* Zur Online-Absorptionsspektroskopie der Atmosphäre von Glasschmelzöfen im mittleren Infrarotbereich.  
(Prof. Dr. G. Frischat)

*Bierwirth, Thomas, Dipl.-Wirtsch.-Ing.:* Virtuelle Logistikplanung für die Automobilindustrie – Methoden und Modelle im Rahmen der Digitalen Fabrik.  
(Prof. Dr. U. Bracht)

*Wiznerowicz, Jan, Dipl.-Ing.:* Ein Beitrag zur Berechnung der magnetischen Flussdichte in homogenen und inhomogenen Räumen bei Anwendung des Gesetzes von Biot und Savart.  
(Prof. Dr. H.-P. Beck)

*Siemer, John Philipp, Dipl.-Volkswirt:* Unternehmung, Transaktionen und Kompetenzen – eine kompetenzbasierte Anreicherung des Transaktionskostenansatzes.  
(Prof. Dr. M. Erlei)

*Schwerdt, Sven, Dipl.-Ing.:* Untersuchungen zur Ableitung eines Bemessungsverfahrens für die Überbrückung von Erdrückungen unter Verwendung von Geokunststoffbewehrungen.  
(Prof. Dr. N. Meyer)

*Scharf, Christiane, Dipl.-Math.:* Solventextraktion von Seltenen Erden Elementen aus wässrigen chloridischen Lösungen mit Di-(2-ethylhexyl)Phosphorsäure als Extraktionsmittel.  
(Prof. Dr. K. Schwerdtfeger)

*Jenne, Sven, Dipl.-Ing.:* Ermittlung und Bewertung von Beanspruchungs- und Belastungskollektiven von Radsatzwellen eines ICE 3 der Deutschen Bahn AG.  
(Prof. Dr. H. Zenner)

*Kentschke, Tino, Dipl.-Ing.:* Druckluftmaschinen als Generatorantrieb in Warmluftspeichersystemen.  
(Prof. Dr. H.-J. Barth)

*Peters, Lars, Dipl.-Ing.:* Pulvergefüllte Gradientenwerkstoffe durch Zentrifugation – Verifikation eines Konzepts mit duromer und thermoplastischer Polymermatrix.  
(Prof. Dr. G. Ziegmann)

*Schäfer, Elke, Dipl.-Min.:* Einfluss der Reaktionen verschiedener Zementhauptbestandteile auf den Alkalihaushalt der Porenlösung des Zementsteins.  
(Prof. Dr. A. Wolter)

*Sanders, Rolf, Dipl.-Ing.:* Entwicklung einer Apparatur zur Untersuchung von Sintervorgängen an gasgetragenen Nanopartikeln bei Temperaturen bis 1500 °C.  
(Prof. Dr. R. Weichert)

*Powitz, Harald, Dipl.-Ing.:* Untersuchung der Zerkleinerung von Kunststoffen mit einem Pendelschneidwerk.  
(Prof. Dr. R. Weichert)

*Hatscher, Ansgar, Dipl.-Ing.:* Abschätzung der zyklischen Kennwerte von Stählen.  
(Prof. Dr. H. Zenner)

*In Klammern ist jeweils der Hauptberichtersteller aufgeführt.*